

**PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY,
GENETICS AND BREEDING**

volume 179
issue 3



Editorial board

I. N. Anisimova, O. S. Afanasenko, G. A. Batalova, A. Berville, L. A. Bespalova, N. B. Brutch, A. Börner, I. G. Chukhina, A. Diederichsen, V. I. Dorofeev, M. V. Duka, N. I. Dzyubenko, G. V. Eremin, N. Friesen, T. A. Gavrilenko, N. P. Goncharov, V. M. Gorina, K. Hammer, E. H. B. Hatefov, V. Holubec, E. K. Khlestkina (Chief Editor), A. V. Kilchevsky, V. N. Korzun, M. M. Levitin, I. G. Loskutov, T. V. Matveeva, S. S. Medvedev, N. V. Mironenko, I. V. Mitrofanova, O. P. Mitrofanova, A. I. Morgunov, H. A. Muminjanov, M. A. Pintea, E. K. Potokina, E. E. Radchenko, I. D. Rashal, A. V. Rodionov, L. J. Schipilina, M. M. Silantyeva, T. N. Smekalova, O. V. Soloduhina, I. A. Tikhonovich, E. K. Turuspekov, M. A. Vishnyakova, N. M. Zoteeva

Editor in charge of this issue: *E.K. Khlestkina, E. A. Sokolova*

ST. PETERSBURG

2018

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ**

**том 179
выпуск 3**



Редакционная коллегия

И. Н. Анисимова, О. С. Афанасенко, Г. А. Баталова, А. Бервилле, А. Бернер, Л. А. Беспалова, Н. Б. Брач, М. А. Вишнякова (зам. главного редактора), Т. А. Гавриленко, В. Голубец, Н. П. Гончаров, В. М. Горина, Н. И. Дзюбенко, А. Дидериксен, В. И. Дорофеев, М. В. Дука, Г. В. Еремин, Н. М. Зотеева, А. В. Кильчевский, В. Н. Корзун, М. М. Левитин, И. Г. Лоскутов (зам. главного редактора), Т. В. Матвеева, С. С. Медведев, Н. В. Мироненко, И. В. Митрофанова, О. П. Митрофанова (зам. главного редактора), А. И. Моргунов, Х. А. Муминджанов, Е. К. Потоккина, М. А. Пынтя, Е. Е. Радченко, И. Д. Рашаль, А. В. Родионов, М. М. Силантьева, Т. Н. Смекалова, О. В. Солодухина, И. А. Тихонович, Е. К. Турусупеков, Н. В. Фризен, Е. К. Хлесткина (главный редактор), К. Хаммер, Э. Б. Хатефов, И. Г. Чухина, Л. Ю. Шипилина (ответственный секретарь)

Ответственные редакторы выпуска *Е. А. Соколова, Е. К. Хлесткина*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 179, вып. 3. СПб., 2018 358 с.

Настоящий выпуск приурочен к 110-летию со дня основания журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции». На протяжении столетней истории журнал публиковал работы в основном сотрудников ВИР и его опытных станций и участков, расположенных в контрастных климатических зонах. Институт всегда был неразрывно связан с Журналом, который стал своего рода летописью становления и развития прикладной ботаники и селекции в России. В Томах, Сериях и Приложениях к журналу были напечатаны результаты теоретических и экспериментальных исследований по систематике, морфологии, анатомии, цитологии, кариологии, географии, генетике, иммунитету, физиологии, биохимии культурных растений и их диких родичей.

Следуя традиции, мы публикуем в настоящем выпуске «живые» исследования сотрудников Института, в том числе написанные совместно с учеными из других научно-исследовательских учреждений. В выпуске представлены статьи по всем разделам журнала. Мобилизация (зернобобовые) и сохранение генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей (Чечня, Приморский край, Вологодская обл.). Изучение и использование генетических ресурсов растений (яровой ячмень в Волгоградской обл., средиземноморские староместные сорта твердой пшеницы, озимое тритикале на Северо-Западе РФ). Коллекции мировых генетических ресурсов растений: дикорастущие виды яблоны (Майкоп); фасоль обыкновенная (Санкт-Петербург); брокколи (Дагестан); хлопчатник (Краснодарский край, Астраханская обл.); соя (Адлер); виды чины (Санкт-Петербург). Генетика (подсолнечник, ячмень, картофель, яровая мягкая пшеница) и идентификация генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей для развития приоритетных направлений селекции (яровая мягкая пшеница, виноград, восковидная кукуруза), Успехи современной селекции: слаброслые адаптивные подвои персика, многопочатковая кукуруза. Систематика: выявление генетических связей между видами рода *Prunus* s. l. Иммуитет культурных растений и их диких родичей: устойчивость яровой мягкой пшеницы к пыльной головне, ячменя – к ринхоспориозу, яровой мягкой пшеницы – к мучнистой росе, гибридных клонов картофеля – к фитофторозу. Обзорные статьи посвящены генеалогическому анализу генофонда черешни и фитотоксичности ионов алюминия.

Табл. 79, рис.42, библиогр. 629 назв.

Для ресурсоведов, ботаников, генетиков, селекционеров, преподавателей вузов биологического и сельскохозяйственного профиля.

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. Vol. 179, iss.3. SPb., 2018. 358 p.

The present issue was intended to observe the 110th anniversary of the journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. For over a century the journal has been publishing articles written mainly by the researchers working at VIR and its experiment stations and sites situated in contrasting climate zones. The Institute has always been inseparably bound with the journal, which has become sort of annals where records are kept on the origination and development of applied botany and plant breeding in Russia. Published in its Volumes, Series and Supplements were the results of fundamental and experimental research on the taxonomy, morphology, anatomy, cytology, karyology, geography, genetics, immunology, physiology and biochemistry of cultivated plants and their wild relatives.

Cherishing this tradition, we have published in this issue research articles prepared by the Institute's staff members, including those written jointly with scientists from other research institutions. Contributions representing all sections of the journal have been included in this issue: Mobilization (grain legumes) and Conservation of the Genetic Diversity of Cultivated Plants and Their Wild Relatives (Chechnya, Primorsky Territory, and Vologda Province); Studying and Utilization of Plant Genetic Resources (spring barley in Volgograd Province, Mediterranean landraces of durum wheat, and winter triticale in the northwest of Russia); Collections of the World's Crop Genetic Resources: wild apple-tree species (Maikop), common beans (St. Petersburg), broccoli (Dagestan), cotton (Krasnodar Territory, Astrakhan Province), soybean (Adler), and peavine species (St. Petersburg); Genetics (sunflower, barley, potato, and spring bread wheat) and Identification of the Genetic Diversity of Cultivated Plants and Their Wild Relatives for the Development of Priority Plant Breeding Trends (spring bread wheat, grapevine, and waxy maize); Progress of Present-Day Plant Breeding: adaptive dwarfish peach rootstocks, and multiple-ear maize; Systematics: disclosing genetic connections among the species of *Prunus* s. l; Immunity of Cultivated Plants and Their Wild Relatives: resistance of spring bread wheat to loose smut, barley to scald, spring bread wheat to powdery mildew, and potato to late blight. Review articles discuss genealogical analysis of the sweet cherry gene pool and phytotoxicity of aluminum ions.

Табл. 79, Fig. 42, Ref. 629.

Addressed to genetic resources experts, geneticists, plant breeders and lecturers of biological and agricultural universities and colleges.

© Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт
генетических ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
2018

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово главного редактора	10
МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ	
Багмет Л. В., Тайсумов М. А. Дикие родичи культурных растений Чеченской республики и перспективы их сохранения	12
Вишнякова М. А., Александрова Т. Г., Буравцева Т. В., Бурляева М. О., Егорова Г. П., Семенова Е. В., Сеферова И. В., Степанова И. Л., Яньков И. И. Международное сотрудничество ВИР как важный фактор пополнения коллекции генетических ресурсов зернобобовых культур (обзор)	23
Таловина Г. В., Аистова Е. В. Дикие родичи культурных растений Приморского края: инвентаризация и сохранение	39
Шипилина Л. Ю. Дикие родичи культурных растений Вологодской области	49
ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ	
Козубовская Г. В., Балакшина В. И. Результаты экологического испытания сортов ярового ячменя различных экотипов в засушливых условиях Волгоградской области	60
Ляпунова О. А. Средиземноморские староместные сорта твердой пшеницы, сохраняемые в коллекции ВИР	68
Успенская В. А., Бекиш Л. П., Чикида Н. Н. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции озимой тритикале на Северо-Западе РФ	85
КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ	
Барсукова О. Н. Состав коллекции дикорастущих видов яблони и перспективы использования ее в селекции	95
Буравцева Т. В., Егорова Г. П., Бурляева М. О., Никишкина М. А. Активность ингибитора трипсина в семенах фасоли обыкновенной (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) из коллекции ВИР: изменчивость и исходный материал для селекции	104
Гаджимустапаева Е. Г. Вегетационный период новых коллекционных образцов брокколи в южном регионе Дагестана	116
Григорьев С. В., Якушева Т. В. Исследование коллекционных образцов хлопчатника <i>Gossypium hirsutum</i> L. в условиях Краснодарского края	126
Подольная Л. П., Туз Р. К., Асфандиярова М. Ш., Рыбакова Т. П., Ходжаева Н. А. Особенности структуры корреляций у линий признаковой коллекции хлопчатника с естественной окраской волокна	134
Сеферова И. В., Бойко А. П., Перчук И. Н., Шеленга Т. В., Шолухова Т. А. Результаты изучения образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2013-2015 гг.	143
Ситников М. Н., Вержук В. Г., Павлов А. В., Бондарук Д. Д. Анализ жизнеспособности пыльцы абрикоса и черешни после криоконсервации	152
Соловьева А. Е., Шеленга Т. В., Бурляева М. О. Биологически активные вещества некоторых видов рода <i>Lathyrus</i> L.	159

ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

- Гаврилова В. А., Анисимова И. Н., Ступникова Т. Г.** Линии подсолнечника, полученные на основе высокомасличных сортов 167
- Звейнек И. А., Ковалева О. Н.** Скрининг образцов местных ячменей на чувствительность к фотопериоду 179
- Зотеева Н. М., Тарвацка Ю.** Мексиканский вид картофеля *Solanum neoantipoviczii* Buk (= *S. stoloniferum* Schlechtd.) из таксономической серии *Longipedicellata* Buk. для использования в межвидовой гибридизации 188
- Ригин Б. В., Зуев Е. В., Тюнин В. А., Шрейдер Е. Р., Пыженкова З. С., Матвиенко И. И.** Селекционно-генетические аспекты создания продуктивных форм мягкой яровой пшеницы с высокой скоростью развития 194

УСПЕХИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

- Еремин В. Г.** Использование дикорастущих видов *Prunus* L. в селекции слаборослых адаптивных подвоев персика 203
- Хатефов Э. Б., Кудяев Р. А., Кушхова Р. С.** Селекционная ценность многопочатковой кукурузы с синхронным цветением початков 213

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ

- Агаханов М. М., Волков В. А., Ульянич П. С., Абдуллаев К. М., Кислин Е. Н.** Полиморфизм микросателлитных локусов в коллекции винограда дагестанского филиала ВИР 224
- Зуев Е. В., Пенева Т. И., Мартыненко Н. М., Брыкова А. Н., Кудрявцева Е. Ю.** Использование электрофореза белков зерна для контроля генетической целостности образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции генетических ресурсов растений ВИР 235
- Сидорова В. В., Керв Ю. А., Матвеева Г. В., Конарев А. В.** Перспективы использования зеиновых маркеров в селекции линий и сортов восковидного подвида кукурузы 240

СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

- Еремин Г. В.** Выявление генетических связей между видами рода *Prunus* L. при их использовании в селекции косточковых культур 250

ИММУНИТЕТ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

- Ковалева М. М., Зуев Е. В., Брыкова А. Н.** Оценка яровой мягкой пшеницы из новых поступлений в коллекцию ВИР по устойчивости к пыльной головне 259
- Коновалова Г. С., Радченко Е. Е.** Наследование устойчивости к ринхоспориозу у четырех образцов местного ячменя 265
- Лебедева Т. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н.** Проявление устойчивости к мучнистой росе у образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции генетических ресурсов растений ВИР 272
- Рогозина Е. В., Чалая Н. А., Кузнецова М. А., Демидова В. Н., Рогожин А. Н., Сметанина Т. И., Бекетова М. П., Фадиной О. А., Хавкин Э. Е.** Устойчивые к фитофторозу гибридные клоны картофеля в коллекции генетических ресурсов растений ВИР 278

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Павлов А. В., Вержук В. Г., Ситников М. Н., Шлявас А. В.** Влияние фитогормонов на прорастание пыльцы яблони в процессе низкотемпературного хранения 293
- Ухатова Ю. В.** Международная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и перспективы картофелеводства XXI века (90 лет научному картофелеводству Беларуси)» 301

Ухатова Ю. В. Научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля» 301

ОБЗОРЫ

Еремина О. В. Генеалогический анализ и выделение доноров и источников селекционно ценных признаков из генофонда черешни (обзор) 302

Яковлева О. В. Фитотоксичность ионов алюминия (обзор) 315

ИСТОРИЯ АГРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВИР.

СЛАВНЫЕ ИМЕНА

Соколова Е. А., Котелкина И. В. Журнал «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции»: к 110-летию со дня основания 332

CONTENTS

Editor-in-chief's opening address	10
MOBILIZATION AND CONSERVATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES	
Bagmet L. V., Taisumov M. A. Crop wild relatives conservation in the Chechen Republic	12
Vishnyakova M. A., Alexandrova T. G., Buravtseva T. V., Burlyaeva M. O., Egorova G. P., Semenova E. V., Seferova I. V., Stepanova I. L., Yankov I. I. International collaboration of VIR as an important factor of replenishing the collection of grain legume genetic resources	23
Talovina G. V., Aistova E. V. Crop wild relatives inventory and conservation in the Primorsky Region of the Russian Federation	39
Shipilina L. Yu. Crop wild relatives in Vologda Province	49
STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES	
Kozubovskaya G. V., Balakshina V. I. The results of the ecological study of different ecotypes of spring barley varieties in the dry conditions of the Volgograd Province	60
Lyapunova O. A. Mediterranean landraces of durum wheat preserved in the Vavilov collection (VIR)	68
Uspenskaja V. A., Bekish L. P., Chikida N. N. Sources of economically valuable traits for winter triticale breeding in the northwest of the Russian Federation	
COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS	
Barsukova O. N. Composition of the collection of wild apple-tree species and its prospects for use in breeding	95
Buravtseva T. V., Egorova G. P., Burlyaeva M. O., Nikishkina M. A. Activity of trypsin inhibitors in common bean seeds (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) from the VIR collection: variability and source material for breeding	104
Gadjimustapaeva E. G. The growing season of broccoli in the southern region of Dagestan	116
Grigoryev S. V., Yakusheva T. V. The study of cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) accessions in Krasnodar Region	126
Podolnaya L. P., Tuz R. K., Asfandiiarova M. Sh., Rybakova T. P., Khodjaeva N. A. Structural features of correlations in lines with the naturally colored fiber in the trait-specific collection	134
Seferova I. V., Boyko A. P., Perchuk I. N., Shelenga T. V., T. A. Sholukhova The results of testing soybean accessions at Adler Experiment Station of VIR in 2013–2015	143
Sitnikov M. N., Verzhuk V. G., Pavlov A. V., Bondaruk D. D. The analysis of apricot and sweet cherry pollen viability after cryopreservation	152
Solovyeva A. E., Shelenga T. V., Burlyaeva M. O. Biologically active substances of some species of the genus <i>Lathyrus</i> L.	159
GENETICS OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES	
Gavrilova V. A., Anisimova I. N., Stupnikova T. G. Sunflower lines originated from varieties with high oil content in their seed	167
Zveynek I. A., Kovaleva O. N. Screening of local barley accessions for sensitivity to photoperiod	179
Zoteyeva N. M., Tarwacka Yu. The mexican potato species <i>Solanum neoantipoviczii</i> Buk. (= <i>S. stoloniferum</i> Schlecht.) from the taxonomic series <i>Longipedicellata</i> Buk. and its use in interspecific	188
Rigin B. V., Zuev E. V., Tyunin V. A., Shreyder E. R., Pyzhenkova Z. S., Matvienko I. I. Breeding and genetic aspects of creating productive forms of fast-developing spring bread wheat	194

PROGRESS IN DOMESTIC PLANT BREEDING AT THE PRESENT STAGE

Eremin V. G. The use of wild-growing *Prunus* L. species in breeding adaptive dwarf rootstocks of peach 203

Khatefov E. B., Kudaev R. A., Kushkhova R. S. Breeding value of prolific maize varieties with nicking of parental lines 213

IDENTIFICATION OF THE DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES FOR SOLVING FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS

Agakhanov M. M., Volkov V. A., Ulianich P. S., Abdullaev K. M., Kislin E. N. Polymorphism of microsattelite loci within the grape germplasm collection maintained at the Dagestan Experiment Station of VIR 224

Zuev E. V., Peneva T. I., Martynenko N. M., Brykova A. N., Kudryavtseva E. Yu. Using grain protein electrophoresis to control the genetic integrity of spring bread wheat accessions from the VIR collection of plant genetic resources 235

Sidorova V. V., Kerv Yu. A., Matveeva G. V., Konarev A. V. Prospects of using zein markers in breeding waxy maize lines and varieties 240

SYSTEMATICS, PHYLOGENY AND GEOGRAPHY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Eremin G. V. Detection of genetic relations between species in the genus *Prunus* L. when using them in breeding of stone fruit crops 250

IMMUNITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Kovaleva M. M., Zuev E. V., Brykova A. N. Evaluation of spring bread wheat accessions from the VIR collection for resistance to loose smut 259

Konovalova G. S., Radchenko E. E. Inheritance of scald resistance in four barley landraces 265

Lebedeva T. V., Zuev E. V., Brykova A. N. The expression of powdery mildew resistance in spring bread wheat cultivars from the VIR collection of plant genetic resources 272

Rogozina E. V., Chalaya N. A., Kuznetsova M. A., Demidova V. N., Rogozin A. N., Smetanina T. I., Beketova M. P., Fadina O. A., Khavkin E. E. Late blight resistant potato hybrid clones in the VIR collection of plant genetic resources 278

BRIEF REPORTS

Pavlov A. V., Verzhuk V. G., Sitnikov M. N., Shlyavas A. V. The influence of phytohormones on the germination of apple pollen in the process of low-temperature storage 293

SURVEYS

Eremina O. V. Genealogical analysis and identification of donors and sources of valuable breeding traits in the sweet cherry gene pool 302

Yakovleva O. V. Phytotoxicity of aluminum ions (overview) 315

HISTORY OF AGROBIOLOGICAL RESEARCH AND VIR. NAMES OF RENOWN

Sokolova E. A., Kotelkina I. V. Journal *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*: to the 110th anniversary of the foundation 332

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Перед Вами юбилейный номер научного журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», посвященный 110-летию журнала. Это замечательная веха, которая связывает поколения ученых ВИР воедино в деле служения российской науке. Оглядываясь на нашу историю, мы видим, какой огромный путь прошел наш журнал.

Журнал был основан русским ботаником, заведующим Бюро по прикладной ботанике Робертом Эдуардовичем Регелем в 1908 году в Санкт-Петербурге. «Труды Бюро по прикладной ботанике» приобрели большую значимость в Российской Империи, доказательством являлось признание журнала в 1912 году центральным научным органом по селекции в России. Редакция с самого начала выпуска журнала ставила перед собой задачу сделать научные работы, опубликованные на страницах журнала, доступными мировому научному сообществу, все статьи сопровождалось подробными иностранными резюме или предоставлялись параллельные тексты на одном из языков, признанных для научных работ Международным съездом 1902 года международными: английском, латинском, немецком и французском.

Быстрое развитие биологической и аграрной науки способствовало реорганизации журнала. Научный иллюстрированный журнал по вопросам селекции и прикладной ботаники с 1918 года выходит под названием «Труды по прикладной ботанике и селекции», издание признано Центральным Всероссийским специальным научным органом по прикладной ботанике и селекции России. Главным редактором журнала, издаваемого на двух языках, с 1921 года становится академик Н. И. Вавилов. В состав редакционного комитета входили такие известные ученые как: К. А. Фляксбергер, А. И. Мальцев, Г. А. Левитский, Н. А. Максимов, П. М. Жуковский, В. В. Пашкевич, Д. Д. Арцыбашев, В. В. Таланов, В. Е. Писарев, В. А. Кузнецов. Каждый том «Трудов» включал в себя не только оригинальный научный, но и уникальный иллюстративный материал: карты, чертежи, таблицы, рисунки, выполненные профессиональными художниками и учеными специалистами.

В августе 1924 г. утвержден Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, правопреемник Бюро по прикладной ботанике (1894). Его торжественно открыли в Кремле 20 июля 1925 года. Основным печатным изданием Института заявлены «Труды по прикладной ботанике и селекции», в которых публикуются результаты научных исследований, проведенных научными сотрудниками института и его опытных станций, а также наиболее значимые для развития науки и производства совместные работы с другими учреждениями, включая зарубежные.

В 1927 году журнал был переименован в «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции». Журнал открыл возможность печатания в нем научных работ, не только посвященных ботанико-агрономическому изучению культурных растений, но и генетического содержания. Научное руководство издательской деятельностью контролировалось функционирующей при Директоре (Н. И. Вавилове) Научной Коллегией Института. Состав редакционного комитета не был постоянным, в количественном отношении он состоял от 10 до 25 членов, в него входили признанные, значимые ученые: К. А. Фляксбергер, А. И. Мальцев, В. В. Пашкевич, Г. А. Левитский, Н. А. Максимов, П. М. Жуковский, В. В. Таланов, В. Е. Писарев, В. А. Кузнецов, Ю. Н. Воронов, Э. Э. Керн, Е. В. Вульф, Н. Н. Иванов, Н. П. Кобранов, Н. Н. Кулешов, К. И. Пангало, Г. Д. Карпеченко, М. Г. Попов, Е. Н. Синская, Л. И. Говоров, М. А. Розанова, С. М. Букасов, В. И. Сазанов, Н. В. Ковалев, И. В. Палибин.

В 1930 году Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур переименован во Всесоюзный институт растениеводства (ВИР). ВИР с отделениями в союзных республиках в довоенный период – крупнейшее научно-исследовательское учреждение по растениеводству государственного и мирового значения. Изменилась организационная структура института, что, безусловно, повлияло и на издательскую деятельность. Главный редактор, в лице академика Н. И. Вавилова, принял меры по очередной реорганизации журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», которые должны были сделать журнал связующим печатным звеном в новой системе растениеводческих научно-исследовательских учреждений и ВИР, с вновь созданными опорными пунктами, опытными станциями, научными структурами. В период с 1932 по 1937 г. вводится новая нумерация с указанием номеров серии: общая серия «Социалистическое растениеводство» и 13 отдельных серий. В журнале были опубликованы оригинальные научные труды, результаты научных исследований, в некоторых выпусках были представлены монографии по отдельным культурам, сводки, обзоры, рефераты и библиография, к каждой статье давалось резюме на английском языке.

С 1908 по 1937 год издавались Приложения к «Трудам». Это общедоступные оригинальные или переводные работы, излагающие современное положение познаний по различным отделам прикладной ботаники и селекции.

В период с 1938 по 1947 гг. печатание «Трудов» временно приостановлено.

«Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», основанные Р. Э. Регелем и продолженные Н. И. Вавиловым, стали уникальным печатным изданием, в котором наиболее полно сосредоточено научное наследие ВИР за период с 1908 по 1937 гг.

В 1948 году первым выпуском 28-го тома возобновляется издание журнала под названием «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» по томам и выпускам, как выходило это издание до 1932 года.

С 1983 года «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» издаются с указанием собственного названия каждого тома. Меняется и название – «Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» (1984).

С тома 150 (1997) журнал выходит под старым названием «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», с продолжающейся последовательной нумерацией томов.

Пост главного редактора в период с 1948 по 2018 год занимали директор и заместители директоров ВИР, ведущие ученые: И. Г. Эйхфельд, П. М. Жуковский, И. А. Сизов, Д. Д. Брежнев, В. Ф. Дорофеев, К. З. Будин, В. А. Драгавцев, Н. И. Дзюбенко, Е. К. Хлесткина.

Сегодня журнал «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», бережно храня вековые традиции издания, публикует на русском и английском языках: обзорные статьи, результаты оригинальных экспериментальных исследований генетических ресурсов растений, протоколы и методы исследований в области ботаники, эволюции, систематики, агробиологии, генетики, физиологии, биохимии, иммунитета, молекулярной биологии, биотехнологии. Основная цель журнала – донести новейшие результаты исследований в названных выше областях знаний до наибольшего числа ученых, включая специалистов из смежных областей, ведущих исследования в сфере мобилизации, сохранения, всестороннего изучения и использования растительных ресурсов, а также до преподавателей ВУЗов, читающих лекций по соответствующим направлениям. Журнал ставит перед собой важнейшие задачи по усилению интеграции фундаментальной науки и прикладных исследований в области ботаники, генетики и селекции; по освещению результатов междисциплинарных исследований в сфере биологических и сельскохозяйственных наук; по усилению интеграции российских ученых в международное научное сообщество.

Подтверждением высокой научной планки, которой сегодня стремиться придерживаться ВИР, является включение журнала в Перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий ВАК, журнал входит в РИНЦ, AGRIS, ведутся работы по реализации стратегического плана по включению издания в международные наукометрические базы, с целью продвижения результатов исследований российских ученых в международное научно-информационное пространство. С нами в качестве рецензентов сотрудничают ведущие ученые биологического и сельскохозяйственного профиля, мы стараемся максимально расширить круг наших рецензентов, ученых-специалистов, выйти за пределы ВИР. Знаменательным для журнала является уже то, что сегодня не только библиотечный фонд украшают полки с непрерывным хронологическим подбором журнальных томов, номеров «Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» (1908–2018), но производится полная оцифровка томов периодического издания. Сто десятый год своей истории «Труды» отметили запуском нового сайта, журнал стал доступен широкому кругу мировой научной общественности. Проведена большая работа по обновлению издания, редколлегия пытается адаптироваться под быстро меняющийся научный мир.

В следующем году ВИР празднует юбилей, и отрадно осознавать, что в течение более века журнал «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» сопровождает научную деятельность Института, журнал является летописью становления, трагических испытаний и развития отечественной биологии и сельского хозяйства России, изданием, в котором наглядно от тома к тому прослеживаются события и судьбы ученых за 110 лет. Приглашаем и вас, дорогие читатели, внести свою главу в эту летопись – поделиться своими научными результатами. Ждем ваши рукописи!

Главный редактор,
профессор РАН, д.б.н. Е. К. Хлесткина

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-12-22

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК: 581.9:502.75 (470.661)

Л. В. Багмет¹,
М. А. Тайсумов²

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: t.smekalova@vir.nw.ru; v.bortnikov@vir.nw.ru

²Академия наук Чеченской Республики, Россия, 364024, г. Грозный, пр. М. Эсамбаева, д.13,
e-mail: musa_taisumov@mail.ru

ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОХРАНЕНИЯ

Актуальность. Сохранение генетических ресурсов растений (ГРР) – необходимое условие обеспечения экономической и экологической безопасности страны. Важнейшей составной частью оценки состояния ГРР является изучение диких родичей культурных растений конкретного региона. Особенно это актуально для Чеченской республики в силу ее уникальных географических, климатических, экологических и политических условий. **Материалы и методы.** Материалом послужили литературные данные по флоре изучаемого региона и собственные полевые исследования, проведенные маршрутным методом. При выделении приоритетных к сохранению видов мы использовали пункты методики сохранения генетических ресурсов растений, адаптированной для России. Карта местонахождений видов построена с помощью программы MapInfo 8.5. **Результаты и выводы.** В рамках работы по инвентаризации ДРКР регионов России проводилось изучение ДРКР в естественных растительных сообществах Чеченской республики. Составлен список ДРКР, включающий 468 видов, принадлежащих к 120 родам 35 семейств, что составляет более 20% от всей флоры республики. На основе анализа распространения видов ДРКР на изучаемой территории, их оценке по хозяйственным и биологически ценным признакам, по критериям редкости и уязвимости составлен предварительный список для включения в Красный Список ДРКР Российского Кавказа. Для отдельных видов создана карта местонахождений на изучаемой территории. Для эффективного сохранения ДРКР мы рекомендуем использовать два метода – *in situ* и *ex situ*. Однако на сегодняшний день более реальный способ сохранения ценных видов из местных популяций – включение их в коллекцию ВИР. Существующая в республике система ООПТ не обеспечивает необходимой охраны природным комплексам и отдельным видам растений. Результаты нашего исследования могут послужить дополнительным основанием для создания в республике Чеченского государственного природного комплексного заповедника.

Ключевые слова: дикие родичи культурных растений (ДРКР), Чеченская Республика (ЧР), сохранение *in situ* и *ex situ*, генетические растительные ресурсы, особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Поступление:
06. 09.2018

Принято:
19.09.2018

MOBILIZATION AND CONSERVATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-12-22

ORIGINAL ARTICLE

L. V. Bagmet¹,
M. A. Taisumov²

¹N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44, Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia, e-mail: l.bagmet@vir.nw.ru

²Academy of Sciences of the Chechen Republic, 13, M. Esambaeva Ave., 364024, Grozny, Chechen Republic, Russia e-mail: musa_taisumov@mail.ru

Key words:

crop wild relatives (CWR), Chechen Republic, *in situ*, *ex situ* conservation, plant genetic resources, specially protected natural territories (SPNT)

Received:

06.09.2018

Accepted:

19.09.2018

CROP WILD RELATIVES CONSERVATION IN THE CHECHEN REPUBLIC

Background. Plant genetic resources (PGR) conservation is an indispensable condition for ensuring the country's economic and environmental security. The most important component of the PGR status assessment is the study of crop wild relatives in a particular region. This is especially important for the Chechen Republic due to its unique geographic, climatic, environmental and political conditions. **Materials and methods.** The material for the present research was taken from the published data on the flora of the studied region and the own field studies conducted by the route exploration method. In order to select priority species for conservation, the items of the methodology for PGR conservation adapted for Russia were used. The map of species locations was built using MapInfo 8.5. **Results and conclusions.** Within the framework of the work on inventoring crop wild relatives (CWR) in the regions of Russia, they were studied in the natural plant communities of the Chechen Republic. A list of 468 species belonging to 120 genera of 35 families has been compiled, which covers over 20% of the entire flora of the republic. Based on the analysis of the CWR species distribution in the studied area, assessment of their economically and biologically important traits, as well as according to the criteria of rarity and vulnerability, a preliminary list has been drawn up for the inclusion in the CWR Red List of the Russian Caucasus. For some species, a map of their location in the studied area was created. For effective CWR preservation, it is recommended to use two methods, that is, *in situ* and *ex situ* conservation. However, to date, a more realistic way to preserve valuable species from local populations is to include them in the VIR collection. The Specially Protected Natural Territories (SPNT) System that currently exists in the republic does not provide the necessary protection for natural complexes and individual plant species. The results of the performed study can serve as an additional reason for the establishment of a Chechen State Natural Complex Reserve in the republic.

Введение

Чеченская республика расположена на юго-востоке Северного Кавказа и граничит с Республикой Дагестан, Ставропольским краем, Северной Осетией-Аланией и с Ингушетией. Площадь территории 15,6 тыс. км². Климатические условия Чеченской республики отличаются значительным разнообразием. Равнинные территории характеризуются засушливым и слабозасушливым климатом. В горных условиях с увеличением высоты наблюдается постепенный переход от сухого, сравнительно теплого климата аридных котловин к холодному влажному климату снежных вершин, причем для этой зоны свойственны резкие климатическим перепады в зависимости от крутизны и экспозиции склонов. Рельеф территории сложный и неоднородный. Южная часть республики расположена на северном склоне Большого Кавказа. Она представляет собой систему горных хребтов (Лесистый, Пастбищный, Скалистый, Боковой и др.), пересеченных глубокими ущельями горных рек. Отроги Кавказского хребта от Терско-Сунженской возвышенности (Терский, Сунженский, Эльдаровский, Брагунский, Гудермесский, Грозненский хребты) отделяет Чеченская предгорная равнина. На севере, между Терекком и Кумой, раскинулась Терско-Кумская низменность с Терскими песками в центральной части. Природные условия обуславливают распределение растительности по территории республики. Широтные зоны полупустынь и степей на юге сменяются к северу высотными зонами лесосепей, горными лесами и лугами (Gvozdetskiy, 1963). Своеобразие территории оказало влияние на формирование флоры региона, издавна привлекающей ботаников-флористов. Начало флористического обследования территории современной Чеченской республики было начато еще в 70-х годах XVIII века И. А. Гильденштедтом и С. Г. Гмелиным в составе «физических» экспедиций Академии наук (Bobrov, 1968). Однако, несмотря на довольно продолжительную по времени историю ботанических исследований, существует немного работ, посвященных изучению флоры республики в современных ее пределах. Флора Чеченской республики насчитывает 2295 видов, относящихся к 732 родам и 148 семействам. В составе флоры 80 реликтовых видов и 80 эндемиков (5 стеноэндемиков, 46 субэндемиков, 29 субэвриэндемиков) (Taisumov, Omarhadzhieva, 2012). Небольшое число эндемиков указывает не на бедность и малую оригинальность флоры Чечни, а на слабую ее изученность.

Настоящее исследование проведено в рамках работы по инвентаризации ДРКР регионов России с целью их дальнейшего сохранения. Было проведено эколого-географическое изучение видов ДРКР и выделены виды для приоритетного сохранения.

Материал и методы

Флористические исследования проводились общепринятым при изучении флоры маршрутным методом в 2016–2018 годах в Грозненском, Шелковском, Гудермесском, Курчалойском, Ножай-Юртовском, Урус-Мартановском, Шалинском, Веденском районах Чеченской республики.

При составлении списка диких родичей культурных растений Чечни были проанализированы многочисленные литературные источники (Galushko, 1978, 1980a, b; Taisumov, Israilov, Astamirova, 2011; Taisumov, Omarhadzhieva и др., 2012.). В анализ были включены как аборигенные, так и адвентивные, но натурализовавшиеся виды. В работе также были использованы материалы из Гербарных коллекций ВИР (WIR), Ботанического института им. В.Л. Комарова (LE) и собственные гербарные сборы. Для выбора приоритетных объектов и путей сохранения использовали методику сохранения *in situ*

генетических растительных ресурсов, адаптированную для территории России (Smekalova et al., 2002). Для определения степени хозяйственной ценности и экономической значимости использовалось ранжирование видов, разработанное в отделе агроботаники и *in situ* сохранения ВИР. Общий список видов ДРКР ранжируется на 5 групп (рангов) по принципам родства с культурными растениями и экономической значимости:

I ранг – виды, непосредственно представленные в культуре, имеют сорта; II – виды, непосредственно участвующие в скрещиваниях, используемые как источники генов или как подвой; III – виды близкого родства с введенными в культуру (в составе одной секции, одного подрода), перспективные для хозяйственного использования; IV – другие полезные виды рода, используемые в собирательстве и народной селекции; V – все остальные виды данного рода (Smekalova, Chukhina, 2005). При составлении карты была использована программа MapInfo 8.5.

Обсуждение и результат

В результате проведенных исследований составлен аннотированный список, содержащий информацию о 468 видах ДРКР флоры Чеченской республики, относящихся к 120 родам 35 семейств. Доля ДРКР составляет более 20 % от всей флоры республики. По количеству видов ДРКР преобладают семейства Poaceae Barnhart (123, или 26% от общего числа), Fabaceae Lindl. (91 вид, 19%), Rosaceae Juss. (50 видов, 10%). В родовом спектре самым многочисленным является род *Vicia* L. (22 вида); за ним следуют роды *Allium* L. (21 вид) и *Festuca* L. (19 видов).

Анализ показал, что к первому рангу относятся 114 видов, что составляет довольно значительную часть (25%) от общего числа видов. Ко второму рангу относятся 21 вид, к 3 рангу – 38 видов, к 4 рангу – 79 видов (4, 8 и 17% соответственно). Наибольшее число видов насчитывает 5 группа видов (216 видов, 46%). К этой группе нами отнесены виды, по использованию которых на сегодняшний день отсутствует информация. Наибольшую хозяйственную ценность представляют собой виды первого и второго ранга. Эти виды являются приоритетными к сохранению в составе естественных природных сообществ (*in situ*). Однако не все 114 видов нуждаются в охране, т. к. эколого-географический анализ показал, что большинство из них широко распространены на изучаемой территории. Также к числу приоритетных к сохранению относятся виды ДРКР, включенные в Красную книгу России и Международный красный список редких и исчезающих видов. Во флоре ЧР насчитывается 28 видов ДРКР (таблица), включенных в Красные книги Российской Федерации (Red Data..., 2008) и Чеченской республики (Red Data..., 2007). В настоящее время готовится новое издание Красной книги Чеченской республики. При подготовке новой редакции был существенно переработан список видов растений, подлежащих охране (The updated li-st, 2011). Виды из этого списка также были проанализированы при выделении приоритетных к сохранению видов ДРКР.

В результате для включения в Красный список ДРКР Российского Кавказа по сумме критериев были выбраны следующие виды:

1. *Allium gunibicum* Misch. ex Grossh. – Лук гунибский. Ранг 5. Редкий вид. Эндемик Восточного Кавказа. Статус в КК РФ 3(R). Распространение: на высоте от 600 до 2000 м по склонам Бокового хребта в Итум-Калинском и Шаройском районах.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказника Советский, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

Таблица. Виды ДРКР Чеченской республики, включенные в Красные книги
Table. The crop wild relatives of Chechen Republic included in the Red books

№ п/п	Виды и их ранг хозяйственной ценности; Species and their rank of economic value	Регионы произрастания в пределах России Regions of distribution in Russia	ККРФ (2008); категория и статус The status in the Red book of Russia (2008)	Красная книга ЧР (2007), статус The status in the Red book of Chechen Republic (2007)	Виды, предлагаемые для включения в новое издание Красной книги ЧР Species for inclusion in the new edition of the red book of the CR
1	<i>Allium gunibicum</i> Misch. ex Grossh.	КР ¹	3(R)		3(R)
2	<i>Allium paradoxum</i> (Bieb.) G.Don.fil.	КР	3(R)	3(R)	3(R)
3	<i>Elytrigia stipifolia</i> (Czem. ex Nevski) Nevski	ЕР ² , КР	2(V)		2(V)
4	<i>Papaver bracteatum</i> Lindl.	КР	1(E)	1(E)	1(E)
5	<i>Vavilovia formosa</i> (Stev.) Fed.	КР	2(V)	1(E)	2(V)
6	<i>Vicia hololasia</i> Woronow,	КР	1(E)		1(E)
7	<i>Allium oreophilum</i> C.A. Mey.	КР		2(V)	2(V)
8	<i>Allium victorialis</i> L.	ЕР, КР		3(R)	3(R)
9	<i>Amygdalus nana</i> L.	ЕР,КР,ЗС ³		2(V)	-
10	<i>Berberis vulgaris</i> L.	ЕР, КР		3(R)	-
11	<i>Capparis herbacea</i> Willd.	ЕР, КР		2(V)	5(Res)
12	<i>Celtis planchoniana</i> K.I. Chr. (<i>Celtis glabrata</i> Steven ex Planch.)	ЕР, КР		2(V)	2(V)
13	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	ЕР, КР		4(I)	–
14	<i>Cerasus incana</i> (Pall.) Spach	КР		2(V)	2(V)
15	<i>Crambe gibberosa</i> Rupr.	КР		3(R)	3(R)
16	<i>Crambe grandiflora</i> DC.	КР		3(R)	3(R)
17	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	КР		3(R)	3(R)
18	<i>Grossularia reclinata</i> (L.) Mill.	ЕР, КР		NE	–
19	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	ЕР,КР,ЗС,ВС ⁴		3(R)	–
20	<i>Malus orientalis</i> Uglitzk.	КР		3(R)	–
21	<i>Medicago dagestanica</i> Rupr.	КР		2(V)	2(V)
22	<i>Padus avium</i> Mill.	ЕР,КР,ЗС		2(V)	–
23	<i>Pyrus salicifolia</i> Pall.	КР		2(V)	2(V)
24	<i>Rosa oxyodon</i> Boiss.	КР		3(R)	3(R)
25	<i>Rubia tinctorum</i> L. (<i>Rubia iberica</i> (Fisch. ex DC.) K. Koch)	ЕР, КР		3(R)	–
26	<i>Sorbus graeca</i> (Spach) Lodd. ex Schaukr.	ЕР, КР		2(V)	–
27	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	ЕР, КР		3(R)	3(R)
28	<i>Vitis sylvestris</i> C.C. Gmel.	ЕР, КР		3(R)	3(R)

¹КР – Кавказ Российский²ЕР – Европейская Россия³ЗС – Западная Сибирь⁴ВС – Восточная Сибирь

2. *Allium oreophilum* C. A. Meу. – Лук горнолюбивый. Ранг 5. Уязвимый вид с сокращающимся ареалом. Статус в КК ЧР 2(V). Распространение: южные склоны Скалистого хребта.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

3. *Allium paradoxum* (Vieb.) G. Don fil. – Лук странный. Ранг 4. Редкий вид на северной границе ареала. Третичный реликт. Статус в КК РФ и в КК ЧР 3(R). Распространение: в лесах по Сунже, в окрестностях Гудермеса, по Терскому хребту (в окрестностях с. Толстой-Юрт), в лесах ущелья р. Аксай (окрестности с. Шовхал-Берд).

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

4. *Allium victorialis* L. – Лук победный, черемша. Ранг 4. Редкий вид с сокращающимся ареалом. Третичный реликт. Статус в КК ЧР 3(R). Обозначен на карте ★. Распространение: в субальпийском поясе Андийского хребта.

Рекомендации по сохранению: поиск новых местонахождений на территории заказников горной зоны, сохранение известной популяции в Веденском заказнике. Включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

5. *Camelina sativa* (L.) Crantz (*C. glabrata* (DC.) Fritsch) – Рыжик посевной. Ранг 1. Редкий вид. Распространение: на сорных местах в Терско-Кумской низменности.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на изучаемой территории, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

6. *Cerasus incana* (Pall.) Spach – Вишня серая. Ранг 3. Уязвимый вид. Эндемик Кавказа. Ксеротермический реликт. Статус в КК ЧР 2(V). Распространение: аридные местообитания по Чанты-Аргуну и Шаро-Аргуну в окрестностях с. Итум-Кале.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

7. *Crambe gibberosa* Rupr. – Катран бугорчатый. Ранг 4. Редкий вид с сокращающимся ареалом. Эндемик Предкавказья. Статус в КК ЧР 3(R). Распространение: сухие степные склоны на низменности и в предгорьях в северо-западных районах республики.

Рекомендации по сохранению: выявление и заповедование местообитаний к северу от Терского хребта, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

8. *Crambe grandiflora* DC. – Катран крупноцветковый. Ранг 4. Редкий вид с сокращающимся ареалом. Крымско-кавказский эндемик. Статус в КК ЧР 3(R). Обозначен на карте ▲. Распространение: сухие каменистые склоны предгорий Брагунского и Сунженского хребтов.

Рекомендации по сохранению: поиск новых местонахождений на территории заказников, уточнение местонахождений в заказнике «Зеленая зона г. Грозный». Включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

9. *Cydonia oblonga* Mill. – Айва продолговатая. Ранг 1. Редкий вид на северной границе ареала. Статус в КК ЧР 3(R). Обозначен на карте +. Распространение: по Аргуну, Сунже (от Грозного до с. Брагуны), и Тереку (от Моздока до Гудермеса).

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

10. *Elymus prokudinii* (Seredin) Tzvel. – Пырейник Прокудина. Ранг 5. Редкий вид. Эндемик Кавказа. Распространение: субальпийский пояс отрогов Скалистого и Бокового хребта в Итум-Калинском и Шаройском районах.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказника «Советский», включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

11. *Elytrigia stipifolia* (Czern. ex Nevski) Nevski – Пырей ковылелистный. Ранг 2. Редкий вид, сокращающий численность в результате разрушения местообитаний. Статус в КК РФ 2(V). Распространение: в предгорьях Скалистого и Бокового хребтов.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказника «Советский», включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

12. *Festuca daghestanica* (Tzvel.) E. Alexeev – Овсяница дагестанская. Ранг 5. Редкий вид. Эндемик Кавказа. Распространение: средний горный пояс отрогов Скалистого и Бокового хребтов в Итум-Калинском и Шаройском районах.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказника «Советский», включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

13. *Festuca primaе* E. Alexeev – Овсяница Примы. Ранг 5. Очень редкий вид. Эндемик Кавказа. Распространение: на щербнистых склонах, моренах, до 3200 м. Горы Тебуло, Мациачкорт, по р. Тюалою.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказника «Советский», включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

14. *Isatis pseudoararatica* Galushko – Вайда ложноараратская. Ранг 5. Очень редкий вид. Эндемик Кавказа. Распространение: рододендровые заросли по отрогам Скалистого хребта.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказника «Советский», поиск и заповедование новых местонахождений, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

15. *Isatis sabulosa* Stev. ex Ledeb. – Вайда песчаная. Ранг 5. Эндемик Прикаспийских песков Кавказа. Обозначен на карте ✱. Распространение: полупустыни Терско-Кумской низменности.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников степной зоны, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

16. *Medicago daghestanica* Rupr. – Люцерна дагестанская. Ранг 5. Редкий вид на западной границе ареала. Эндемик Восточного Кавказа. Ксеротермический реликт. Статус в КК ЧР 2(V). Распространение: Итум-Калинская аридная котловина.

Рекомендации к сохранению: поиск и заповедование новых местонахождений, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

17. *Melissa officinalis* L. – Мелисса лекарственная. Ранг 1. Редкий вид. Обозначен на карте ⊗. Распространение: по опушкам и кустарникам в среднем горном поясе Андийского, Бокового и Скалистого хребтов.

Рекомендации к сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

18. *Mentha arvensis* L. – Мята полевая. Ранг 1. Редкий вид. Распространение: по влажным местам в центральных районах республики.

Рекомендации к сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

19. *Onobrychis dielsii* (Sirj.) Vass. – Эспарцет Дильса. Ранг 5. Редкий вид. Эндемик Предкавказья. Обозначен на карте ▼. Распространение: сухие склоны по предгорьям Сунженского хребта и р. Терек.

Рекомендации к сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

20. *Onobrychis novopokrovskii* Vass. – Эспарцет Новопокровского. Ранг 5. Редкий вид. Эндемик Предкавказья. Распространение: сухие глинистые и песчаные места на равнине.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на изучаемой территории, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

21. *Papaver bracteatum* Lindl. – Мак прицветниковый. Ранг 4. Очень редкий, исчезающий вид. Эндемик предгорий Центрального и Восточного Кавказа. Третичный реликт. Статус в КК РФ и в КК ЧР 1(Е). Распространение: отроги Терского и Сунженского хребтов.

Рекомендации по сохранению: поиск и заповедование новых местонахождений, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

22. *Pisum elatius* Vieb. – Горошек высокий. Ранг 2. Редкий вид с сокращающимся ареалом. Распространение: в кустарниках, по опушкам в нижнем горном поясе.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на изучаемой территории, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

23. *Poa primaе* Tzvel. – Мятлик Примы. Ранг 5. Редкий вид. Эндемик Чечни и Ингушетии. Обозначен на карте ▲. Распространение: высокогорные осыпи в Итум-Калинском районе.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на территории заказника «Советский», включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

24. *Pyrus salicifolia* Pall. – Груша иволистная. Ранг 2. Редкий сокращающийся вид. Ксеротермический реликт на северо-западной границе ареала. Статус в КК ЧР 2(V). Обозначен на карте ■. Распространение: в степях и полупустынях Терско-Кумской низменности.

Рекомендации к сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников, сохранение известной популяции на территории заказника «Порабочевский», включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

25. *Rosa oxyodon* Boiss. – Шиповник острозубчатый. Ранг 5. Редкий вид с сокращающимся ареалом. Эндемик Большого Кавказа. Статус в КК ЧР 3(R). Обозначен на карте ●. Распространение: на водоразделе рек Гехи – Рошня, по рекам Чанты-Аргун, Кериго и Шаро-Аргун.

Рекомендации к сохранению: уточнение местонахождений на территории заказников.

26. *Trifolium fontanum* Vobr. – Клевер ключевой. Ранг 2. Редкий вид. Распространение: по сырым местам в субальпийском поясе.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на изучаемой территории, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

27. *Vavilovia formosa* (Stev.) Fed. – Вавиловия красивая. Ранг 3. Редкий вид, сокращающийся в численности с дизъюнктивным сокращающимся ареалом. Эндемик Большого Кавказа и Передней Азии. Статус в КК РФ 2(V), в КК ЧР 1(Е). Обозначен на карте ◆. Распространение: по Пирикительскому хребту в Итум-Калинском районе.

Рекомендации к сохранению: поиск и заповедование новых местонахождений, сохранение известной популяции на территории заказника «Советский», включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

28. *Vicia biennis* L. – Горошек разукрашенный. Ранг 4. Редкий вид. Распространение: по кустарникам и сырым местам Терско-Кумской низменности.

Рекомендации по сохранению: уточнение местонахождений на изучаемой территории, включение в коллекцию ВИР образцов из местных популяций.

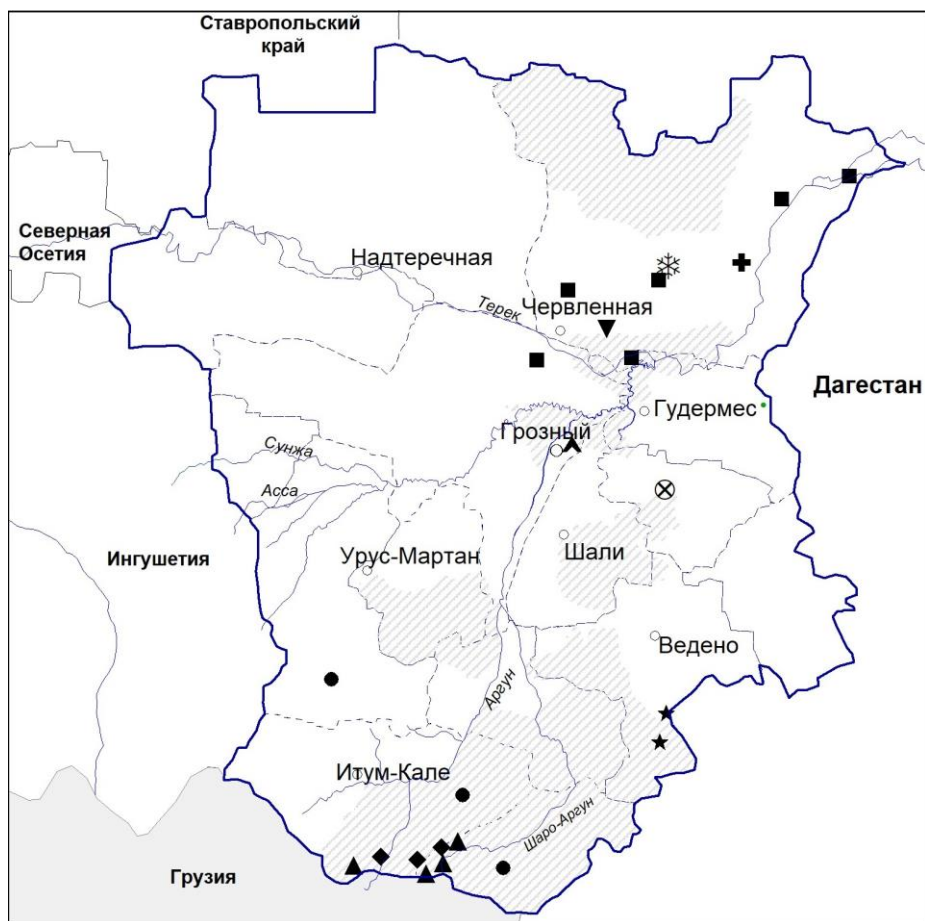
Один вид из Красной книги России (*Vicia hololasia* Woronow), который приводится в некоторых литературных источниках для флоры ЧР, не включен в список, по нашему мнению, местонахождения его требуют подтверждения. Кроме краснокнижных видов, в списке приведены редкие виды первого и второго ранга (*Camelina sativa*, *Melissa officinalis*, *Mentha arvensis*, *Pisum elatius*, *Trifolium fontanum*). Мы также сочли нужным включение одного вида 4 ранга (*Vicia biennis*).

Список предварительный, местонахождения всех видов нуждаются в уточнении, т. к. многие литературные данные устарели, существующие гербарные сборы (WIR, LE) единичны, последние датируются 1988 годом. В то же время многие виды (*Allium gunibicum*, *Allium oreophilum*, *Elymus prokudinii*, *Festuca primae*, *Isatis pseudoararatica*, *Poa primae*, *Vavilovia formosa*) были отмечены на приграничных территориях, практически недоступных в современных условиях.

Сохранение генетических ресурсов растений может осуществляться двумя путями (*ex situ* и *in situ*). Лучшим считается сохранение видов в составе природных растительных сообществ в пределах уже созданных особо охраняемых природных территорий (Smekalova et al., 2002). В настоящее время в республике существует 9 особо охраняемых природных территорий. Это заказник «Советский» федерального подчинения (Итум-Калинский, Шатойский и Шаройский районы) и восемь заказников регионального подчинения (<http://mpr-chr.ru>; <http://oort.aari.ru/oort/>): Аргунский (Грозненский район), Брагунский (Грозненский и Гудермесский районы), Веденский (Веденский район), Парабочевский (Шелковской район), Степной (Шелковской район), Урус-Мартановский (Урус-Мартановский район), Шалинский (Шалинский район), и зеленая зона г. Грозного с режимом заказника. Создание большинства заказников прежде всего преследовало цель охраны определенных видов промысловых животных, населяющих эти территории. Ботаническим обследованиям здесь не уделяется должного внимания. На сегодняшний день не существует флористических списков заказников, не ведется учет популяций редких видов. Кроме того, режим заказников не обеспечивает должной охраны уникальных природных комплексов республики, давно назрела необходимость пересмотра и изменения системы республиканских ООПТ.

На основании имеющейся информации о распространении видов (гербарные коллекции, собственные сборы) была создана электронная карта распространения на территории Чеченской республики видов-претендентов для включения в Красный список ДРКР Российского Кавказа (рисунок). На карте представлена информация о местонахождениях отдельных видов ДРКР. Расположение действующих заказников обозначено на карте штриховкой. Несмотря на то, что мы располагали довольно скудной информацией о местонахождениях интересующих нас видов, точки сбора образцов, представленные на карте, наглядно показывают два очага основной локализации видов ДРКР в Чеченской республике: северный, приуроченный к Терско-Кумской низменности, и южный, приуроченный к горным хребтам Большого Кавказа (верховья рек Кериги, Шаро-Аргуна и Чанты-Аргуна). Как и следовало ожидать, наиболее интересные виды ДРКР произрастают в уникальных природных комплексах, для сохранения которых предлагается создание Чеченского государственного природного комплексного заповедника (<http://do.gendocs.ru/docs/index-49993.html?page=2>). Локализация видов ДРКР может послужить дополнительным основанием для создания первого заповедника Чеченской республики.

Проведенные исследования показали, что на территории Чеченской республики произрастает 468 видов ДРКР из 120 родов и 35 семейств, что составляет более 20 % от всей флоры республики. В составе флоры ДРКР 16 эндемиков различного уровня и 12 реликтов (шесть третичных, ксеротермических, один гляциальный).



Примечание: расшифровка условных обозначений приведена в тексте при описании видов.

Рисунок. Карта местонахождений редких видов ДРКР в Чеченской республике.
Figure. Map of locations of rare species of CWR in the Chechen Republic.

Заключение

Для предварительного списка видов, рекомендуемых для включения в Красный список ДРКР Российского Кавказа по комплексу критериев выбрано 28 видов. Для их эффективного сохранения мы рекомендуем использовать два метода – *in situ* (сохранение известных популяций на территориях существующих заказников) и *ex situ* (сохранение в коллекции ВИР).

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0011 «Разработка и внедрение системы мониторинга родового, видового и внутривидового разнообразия культурных растений и их диких родичей, сохраняемых в условиях ex situ и произрастающих на территории РФ, в том числе мониторинга коллекций на загрязнение ГМО», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710371-7.

References/Литература

Bathiev A. M. Specially protected natural areas of the Chechen Republic and development of its optimal system [in Russian] (<http://do.gendocs.ru/docs/index-49993.html?page=2>) Downloaded on 10.03.2012 (Батхиев А. М. Особо охраняемые природные территории Чеченской республики и развитие их

- оптимальной системы (<http://do.gendocs.ru/docs/index-9993.html?page=2>) Опубликовано 10.03.2012)
- Bobrov E. G.* Bicentennial of physical expeditions of the Academy of Sciences (Dvuhstolietie fizicheskikh ehkspedicij Akademii nauk) // *Botanicheskij zhurnal – Botanical journal*, 1968, vol. 53, № 11, pp. 1647–1649 [in Russian] (*Бобров Е. Г.* Двухсотлетие физических экспедиций Академии наук // *Ботан. журн.* 1968. Т. 53, № 11. С. 1647–1649).
- Galushko A. I.* Flora of the North Caucasus. Determinant. (Flora Severnogo Kavkaza. Opredelitel'). Vol. 1. Rostov : Publishing house of Rostov University, 1978, 318 p. [in Russian] (*Галушко А. И.* Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 1. Ростов : Изд-во Ростовского ун-та, 1978. 318 с.).
- Galushko A. I.* Flora of the North Caucasus. Determinant. (Flora Severnogo Kavkaza. Opredelitel'). Vol. 2. Rostov : Publishing house of Rostov University, 1980a, 352 p. [in Russian] (*Галушко А. И.* Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 2. Ростов : Изд-во 33Ростовского ун-та, 1980а. 352 с.).
- Galushko A. I.* Flora of the North Caucasus. Determinant. (Flora Severnogo Kavkaza. Opredelitel'). Vol. 3. Rostov : Publishing house of Rostov University, 1980b, 328 p. [in Russian] (*Галушко А. И.* Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 3. Ростов : Изд-во Ростовского ун-та, 1980б. 328 с.).
- Gvozdet'skiy N. A.* Caucasus. Essay of nature (Kavkaz. Ocherk prirody). Moscow : Publishing House of Geographical Literature, 1963, 264 p. [in Russian] (*Гвоздецкий Н. А.* Кавказ. Очерк природы. М. : Географгиз, 1963. 264 с.).
- IAS "Protected Areas of the Russian Federation"* (Site of the Information and Analytical System "Specially Protected Natural Territories of Russia"): oopt.aari.ru. Checked 31 May 2018 <http://oopt.aari.ru/oopt/> [in Russian] (*ИАС «ООПТ РФ»* (Сайт информационно-аналитической системы «Особо охраняемые природные территории России»): oopt.aari.ru. Проверено 31 мая 2018 <http://oopt.aari.ru/oopt/>).
- Red Data Book of Russia* (plants and fungi) / The editorial board of Yu. P. Trutnev, etc.; Comp. R. V. Kamelin et al. Moscow : Association of scientific editions КМК, 2008, 885 p. [in Russian] (*Красная книга* Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. редкол. Ю. П. Трутнев и др.; сост. Р. В. Камелин и др. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.).
- Red Data Book of Chechen Republik.* Rare and endangered species of plants and animals (Krasnaya kniga Chechenskoj Respubliki. Redkie i nahodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy rastenij i zhivotnyh). Grosny, 2007, 158 p. [in Russian] (*Красная книга* Чеченской Республики. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. Грозный, 2007. 158 с.).
- Report on the state and environmental protection of the Chechen Republic in 2017* // Website of the Ministry of natural resources and environmental protection of the Chechen Republic: <http://mpr-chr.ru> [in Russian] (Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Чеченской Республики в 2017 году // *Сайт* Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Чеченской республики: <http://mpr-chr.ru>) (<http://mpr-chr.ru>). Создано 01.08.2018.
- Smekalova T. N., Chukhina I. G., Luneva N. N.* Main aspects of plant conservation strategy of plant genetic resources in Russia // *Proceedings of the First International Scientific-Practical Conference "Problems of botany of South Siberia and Mongolia"*. Barnaul, 2002, pp. 265–271 [in Russian] (*Смекалова Т. Н., Чухина И. Г., Лунёва Н. Н.* Основные аспекты стратегии сохранения растительных генресурсов на территории России // *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Материалы Первой межд. науч.-практ. конф.* Барнаул, 2002. С. 265–271).
- Smekalova T. N., Chukhina I. G.* The catalogue of VIR world collection. Iss. 766. Crop wild relatives of Russia / Ed. N. I. Dzjubenko. St. Petersburg : VIR, 2005, 53 p. [in Russian] (*Смекалова Т. Н., Чухина И. Г.* Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 766. Дикие родичи культурных растений России / под ред. Н. И. Дзюбенко. СПб. : ВИР, 2005. 53 с.).
- Taisumov M. A., Israilov S. A., Astamirova M. A.-M.* Abstract of anthropophytes flora of the Chechen Republic (Konспект flory antropofitov Chechenskoj Respubliki). Grosny, 2011, 48 p. [in Russian]. (*Тайсумов М. А., Исраилов С. А., Астамирова М. А.-М.* Конспект флоры антропофитов Чеченской Республики. Грозный, 2011. 48 с.).
- Taisumov M. A., Omarhadzhieva F. S.* Analysis of the flora of the Chechen Republic (Analiz flory Chechenskoj Respubliki). Grosny : Publishing house of the Academy of Sciences of the Chechen Republic, 2012, 112 p. [in Russian] (*Тайсумов М. А., Омархаджиева Ф. С.* Анализ флоры Чеченской Республики. Грозный : АН ЧР. 2012. 112 с.).
- The updated list of the species of plants of flora of the Chechen Republic protected and recommended for protection* (Obnovlennij spisok ohranyaemyh i rekomendovannyh k ohrane vidov rastenij flory Chechenskoj Respubliki) // *Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic*. N1 (14) 2011, pp. 68–73 [in Russian] (*Обновленный список* охраняемых и рекомендованных к охране видов растений флоры Чеченской Республики // *Вестник Академии наук Чеченской Республики*. №1 (14). 2011. С. 68–73).

**М. А. Вишнякова,
Т. Г. Александрова,
Т. В. Буравцева,
М. О. Бурляева,
Г. П. Егорова,
Е. В. Семенова,
И. В. Сеферова,
И. Л. Степанова,
И. И. Яньков**

Федеральный исследовательский
центр Всероссийский институт
генетических ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул.
Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: m.vishnyakova.vir@gmail.com

Ключевые слова:

генетические ресурсы
зернобобовых, коллекция,
мобилизация, зарубежный
материал, разнообразие,
выписка, обмен, экспедиции,
дикие виды

Поступление:

07.06.2018

Принято:

19.09.2018

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ВИР КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОПОЛНЕНИЯ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Зарубежный материал в коллекции ГР зернобобовых Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) составляет от 42% (вика) до 96–97% (вигна, нут). По большинству культур этот показатель находится в пределах 75–86%. Это зависит не только от агроклиматических потребностей культур, отражающих мировые ареалы их возделывания и произрастания, но и от центров происхождения, масштабов их производства и селекции в разных странах мира. Основным путем получения материала из-за рубежа является международное сотрудничество ВИР, начало которому было положено Н. И. Вавиловым. С тех пор взаимодействие с зарубежными партнерами в институте не утратило актуальности и традиций. Источниками поступления зарубежного материала являются международные экспедиции, обмен визитами ученых, выписка материала из международных генбанков, национальных ботанических садов, селекционных организаций, профильных НИУ и ВУЗов. Важнейшим инструментарием получения заграничного материала был и остается обмен образцами гермоплазмы. В данной статье приведен обзор путей поступления в коллекцию зернобобовых культур ВИР зарубежного материала за последние 20 лет. Суммарная цифра зарубежных поступлений за этот период – 7552, что составляет 16% от объема коллекции. Основным источником материала являются международные генбанки и национальные центры по работе с генетическими ресурсами растений. Для коллекций, содержащих диких родичей культурных растений (ДРКР), важным источником материала остаются ботанические сады. Основными странами-партнерами, с которыми у ВИР сложились взаимовыгодные отношения партнерства и обмена материалом являются Сирия, Китай, США, Канада, Украина, Белоруссия, Франция, Австралия. Плодотворным источником местных сортов и ДРКР были и остаются международные экспедиции. Несомненный интерес наряду с современными и местными сортами, поступающими из-за рубежа, представляют дикие виды таких культур как соя, нут, чечевица, ареалы которых лежат за пределами нашей страны. Эти виды представляют интерес для интрогрессивной селекции. Изучение новых зарубежных поступлений в системе ВИР позволило выделить источники хозяйственно ценных признаков по основным направлениям селекции культур.

**M. A. Vishnyakova,
T. G. Alexandrova,
T. V. Buravtseva,
M. O. Burlyaeva,
G. P. Egorova,
E. V. Semenova,
I. V. Seferova,
I. L. Stepanova,
I. I. Yankov**

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: m.vishnyakova.vir@gmail.com

Key words: genetic resources of grain legumes, collection, mobilization, foreign material, diversity, requests, exchange, expeditions, wild species

Received:
07.06.2018

Accepted:
19.09.2018

INTERNATIONAL COLLABORATION OF VIR AS AN IMPORTANT FACTOR OF REPLENISHING THE COLLECTION OF GRAIN LEGUME GENETIC RESOURCES

The percentage of foreign material in the VIR collection of grain legumes varies from 42% (vetch) to 96–97% (cowpea, chickpea). For most crops, this indicator is between 75–86%. It depends either on the agroclimatic needs of the crops reflecting the areas of their cultivation and growth over the world or on their centers of origin as well as on the scale of their production and breeding in different countries. The main way of receiving new crop material from abroad is VIR's international cooperation which was initiated by N. I. Vavilov. Since then, interaction of the Institute with foreign partners has not lost its relevance and traditions. The sources of foreign material are international collecting expeditions, the exchange of scientists, requests for germplasm to international genebanks, national botanical gardens, breeding organizations, specialized research institutions and universities. The most important tool for obtaining foreign material was and still is the exchange of germplasm samples. This article provides an overview of the ways by which foreign material has entered the VIR collection of grain legumes over the last 20 years. During this period, the total of 7552 foreign accessions has been added to the collection, which makes 16% of its overall volume. The main sources of such material are international genebanks and national centers working with plant genetic resources. For the collections containing crop wild relatives (CWR), botanical gardens remain important suppliers of material. The main partner countries that have participated in mutually beneficial partnerships and germplasm exchange with VIR are Syria, China, the USA, Canada, Ukraine, Belarus, France, and Australia. International expeditions have been and remain a fruitful source of local varieties and CWR. Of undoubted interest, along with the modern and local varieties coming from abroad, are wild species of such crops as soybean, chickpea and lentil whose areas of distribution lie beyond the borders of this country. Such species are promising for introgressive breeding. The study of new foreign accessions within VIR's network made it possible to identify sources of economically valuable traits for the main trends of crop breeding.

Интерес международного научного сообщества к ВИР начал формироваться в середине 1920-х. К этому времени в институте, возглавляемом Н. И. Вавиловым, были сформированы основные ресурсные отделы и фундаментальные лаборатории. Коллекция генетических ресурсов растений стремительно росла. К примеру, в 1918 г. коллекция зернобобовых культур в Бюро по прикладной ботанике насчитывала 100 образцов, а в 1927 г. в ВИР достигла уже 15534 (Vishnyakova, 2012). Этому во многом способствовали осуществленные к тому времени зарубежные экспедиции В. Е. Писарева, Н. И. Вавилова, П. М. Жуковского, С. М. Букасова и Ю. Н. Воронова. В результате экспедиций самого Н. И. Вавилова уже к 1927 г. в коллекцию зернобобовых поступило 1493 образцов из США, 465 образцов из Афганской и почти 1,5 тыс. образцов из Средиземноморской экспедиций. Всего из зарубежных экспедиций Н. И. Вавилова в коллекцию зернобобовых культур поступило более 4 тыс. образцов (Vishnyakova, Ozerskaya, 2017).

Практический смысл «зеленого поиска», организованного Н. И. Вавиловым, заключался в выявлении сортов и форм растений, пригодных для возделывания или введения в культуру в СССР, а также их полезности для отечественной селекции. «Для практического решения важнейших государственных селекционных задач мы должны прежде всего знать, что имеется по всем, имеющим практический интерес, культурам в мире...» (Vavilov, 1987, p. 50). В связи с этим важнейшим принципом пополнения коллекции было привлечение максимального фено-, гено- и экотипического внутривидового и межвидового разнообразия (Vavilov, 1962).

Кроме экспедиционной деятельности, международное сотрудничество института выражалось во взаимных визитах и стажировках ученых, а также в обмене гермоплазмой и ее выписке из различных учреждений мира с целью пополнения коллекции генетическими ресурсами как культурных растений, производимых за пределами России (ранее СССР), так и произрастающих там ДРКР. Судя по зарубежной переписке Н. И. Вавилова, он постоянно запрашивал необходимый для страны материал и, в свою очередь, предлагал в обмен имеющиеся в коллекции ВИР образцы.

С 1934 г. выезды сотрудников ВИР за рубеж прекратились. Они возродились только в начале 1950-х. ВИР снова начал снаряжать экспедиции в разные районы земного шара и пополнение коллекции зарубежным материалом продолжилось. Наиболее продуктивным периодом в этом отношении были 1954–1994 гг., о чем свидетельствует обзор зарубежных экспедиций ВИР, приведенный в работе И. Г. Лоскутова (Loskutov, 2009).

Не зависимо от проведения экспедиций и визитов ученых обмен материалом с зарубежными учреждениями, учеными, селекционерами стал общепринятой практикой в ВИР. Задачи, поставленные Н. И. Вавиловым по учету «того, что имеется в готовом виде, как у нас, так и в различных странах; широкое привлечение растений и сортов из центров происхождения» (Vavilov, 1990, p. 83), остаются актуальными и в наши дни. Это определяется успехами зарубежной селекции, развитием новых селекционных технологий, созданием новых морфотипов, приданием сортам свойств адаптивности, качества, диверсификацией их использования и т. п. Задачи привлечения нового зарубежного материала выполнимы только в рамках международного сотрудничества – одного из важнейших источников пополнения коллекции ВИР.

Обмен гермоплазмой – необходимая практика пополнения коллекций генбанков и ботанических садов – к настоящему времени регламентирован целым рядом международных документов. Это Конвенция о биоразнообразии (Convention..., 1992) и Международный Договор о растительных генетических ресурсах для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (International

Treaty..., 2004). Особенно насущными оценка состояния, мобилизация, репатриация и учет мирового генетического разнообразия стали в последние десятилетия, когда глобальная эрозия агробиоразнообразия приобрела угрожающие размеры, и консолидация мирового сообщества в целях его сохранения достигла беспрецедентных масштабов.

Для мобилизации нового зарубежного материала нами используются различные источники информации:

- 1) базы данных мировых генетических банков;
- 2) отечественные и зарубежные публикации, включая каталоги, делектусы, монографии, статьи;
- 3) отчеты научных сотрудников о зарубежных поездках и экспедициях;
- 4) личное общение в рамках совместных проектов, стажировок, на международных семинарах, конференциях и т. п. (Vishnyakova et al., 2012).

Основными странами-партнерами, с которыми у ВИР сложились взаимовыгодные отношения партнерства и обмена материалом, являются Сирия, Китай, США, Канада, Украина, Белоруссия, Франция, Австралия. Плодотворным источником местных сортов и ДРКР были и остаются международные экспедиции.

Выписке материала и его обмену также способствуют связи ВИР с официальными держателями коллекций генетических ресурсов: с генбанками, национальными госсортосетями и с неправительственными организациями, заинтересованными в сборе и сохранении биоразнообразия. Последнее особенно ценно для пополнения коллекции местным материалом, который преимущественно и сохраняют такие организации. Местные сорта зачастую несут ценные гены адаптивности, а также представляют собой уникальные образцы мировой земледельческой культуры – неотъемлемые элементы истории, семейных традиций и менталитета населения того или иного региона мира. В качестве примеров неправительственных организаций, с которыми сотрудничал отдел, кроме ряда поименованных ниже, можно назвать международную и региональную (земля Баден-Вюртенберг, Германия) организацию «Slow Food»; общину фермеров, занимающихся органическим земледелием в этой же области Германии; ирландскую организацию «Seed Savers»; белорусскую общественную организацию, занимающуюся сбором и сохранением стародавних традиционных сортов фасоли Беларуси, и др.

Цель данной статьи – анализ пополнения коллекции генетических ресурсов зернобобовых культур ВИР зарубежным материалом в рамках международного сотрудничества института вообще и отдела генетических ресурсов зернобобовых культур в частности, за последние 20–25 лет.

Приводим обзор зарубежных поступлений по культурам.

Горох.

В коллекции 8118 образцов, происходящих из 92 стран мира. Из них зарубежных поступлений более 80%.

За последние 20 лет (1998–2017 гг.) в результате сотрудничества с зарубежными генбанками, селекционными учреждениями и университетами в коллекцию ВИР поступило 1110 образцов гороха из 26 стран. Большое количество образцов получено из Сирии (194) из Международного Центра Аридного Земледелия – ICARDA (International Centre for Agriculture Research in the Dry Areas). Среди них 12 образцов дикого гороха – *Pisum fulvum* Sibth. et Sm. – вида, трудного для поддержания жизнеспособности, но важного для интрогрессивной селекции. Известно, что *P. fulvum* устойчив к гороховой зерновке (*Bruchus pisorum* L.), ржавчине, мучнистой росе и аскохитозу (см. обзор Kosterin, 2015). Из ценных поступлений следует также отметить образцы редко встречаемых в наше время

подвидов культурного гороха subsp. *syriacum* (Boiss. et Noe) Berger и subsp. *abyssinicum* (A. Br.) Berger.

Интересны поступления из США (Университет Висконсин). В набор из 109 образцов вошли овощные сорта со всеми известными морфотипами листа (обычный, безлисточковый с нормально развитыми и с редуцированными прилистниками, акациевидный, многократно непарноперистый, хамелеон). Производимый в нашей стране овощной горох более чем на половину представлен зарубежными сортами, в связи с этим, перед селекционерами стоит задача создания отечественных сортов, превосходящих зарубежные аналоги. Пополнение коллекции разнообразным исходным материалом для создания таких сортов представляется очень актуальным.

Из Болгарии селекционер М. Михов (Институт пшеницы и подсолнечника, г. Добруджа) передал в ВИР 152 гибридных формы зернового гороха, обладающих различными хозяйственно ценными признаками. Из Франции (INRA – Institut national de la recherche Agronomique) получено 180 сортов овощного, зернового и кормового направлений использования.

Идет обмен источниками ценных для селекции признаков с генбанками Канады (Plan Gene Resources of Canada), Китая, Латвии (Latvian Gene Bank), Австралии (CLIMA – Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture), Швейцарии (International Seed Testing Association) и др. Есть также поступления из генбанков и селекцентров Украины и Беларуси.

Небольшая часть образцов (86) поступила в результате проведения международных экспедиций с участием сотрудников ВИР. Неоднократно проводились экспедиции в горные районы Таджикистана, Грузии и Армении, в результате чего получены образцы дикорастущего подвида *elatius* (Bieb.) Schmalh. также очень ценного для селекционного улучшения гороха. Известно, что у этого подвида встречаются формы устойчивые к нематоду, мучнистой росе, корневым гнилям, аскохитозу и т. д. (Kosterin, 2015).

Соя. В коллекции 7392 образца, происходящих из 73 стран мира. Из них зарубежных поступлений более 80%. Это определяется широким ареалом возделывания сои в мире. Крупнейшие мировые коллекции сои находятся в США в системе Американского Департамента Сельского Хозяйства (USDA – United States Department of Agriculture), в Китае в учреждениях Китайской сельскохозяйственной академии (CAAS – China Agricultural Academy of Science). Именно из этих стран поступило больше всего материала за всю историю коллекции сои ВИР.

Исторически самые большие поступления сои относятся к США – 1500 образцов. В их составе были как находящиеся в производстве американские сорта зернового направления, так и материал, ранее поступивший в коллекцию США из других стран. Достаточно многочисленным был набор образцов, происходящих из Южной Кореи, поступивший в США от Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI). Образцы из Китая были привлечены в коллекцию США преимущественно в 1920–1930-е годы с территории Маньчжурии (Humowitz, 1984; Seferova, Vishnyakova, 2014). В американские поступления входил и большой набор образцов из Японии. Особую ценность представляли образцы многолетних видов сои, дико произрастающих на территории Австралии: *Glycine canescens* F. J. Herm., *G. clandestine* Wendl., *G. tabacina* (Labill.) Benth. Эти виды могут быть использованы в интрогрессивной селекции, и попытки переноса от них в культурную сою генов полезных признаков осуществлялись неоднократно (Singh, Nelson, 2015). В исторической перспективе важным поступлением была также полученная из США генетическая коллекция сои – более 100 образцов

с идентифицированными генами морфологических и хозяйственно значимых признаков (Vishnyakova, Seferova, 2005).

За последние 25 лет из США было получено более 400 образцов. С 2000 г. массовая передача материала заменилась выпиской образцов с определенными свойствами, и объемы обмена стали менее масштабными. Обмен происходил с организациями, входящими в USDA, и с университетом штата Иллинойс. Самое последнее поступление 2015 г. по нашему запросу состояло из скороспелых образцов и образцов овощного направления использования, включающее современный скороспелый сорт 'Envy', широко используемый в США для производства овощной сои.

Около половины современной коллекции (более 3 тыс. образцов) составляют образцы, поступившие с территории Китая в 1923–1931 гг. от сельскохозяйственных научных учреждений Китайской Восточной железной дороги (Seferova, Vishnyakova, 2014). К сожалению, к настоящему времени в коллекции ВИР в живом виде сохранилось не более 10% этих материалов, потерявших жизнеспособность во время войны. За последние 20 лет от различных институтов СААС и сельскохозяйственных учреждений Харбина в коллекцию ВИР поступило около 100 образцов в результате обмена визитами сотрудников ВИР и СААС, а также совместных экспедиций.

Значительная часть образцов сои поступает из Канады: с опытной станции в г. Оттава, университета г. Гуэлфа и национального генного банка PGRC (Plant Gene Resources of Canada). К концу 1990-х из Канады в ВИР поступило 600 образцов. С 2000 г. из Канады было получено 24 современных селекционных сорта из PGRC и исследовательского центра в городе Саскатун. Сорта канадской селекции преимущественно скороспелые.

Украина в настоящее время входит в десятку стран-лидеров по производству сои. Из этой страны в коллекцию ВИР поступило более 400 образцов, и половина этого материала была получена после 2005 г. В основном это современные сорта и селекционный материал украинских селекционных организаций (Dzyubenko, Seferova, 2011). Больше всего образцов было получено от Института растениеводства им. В. Я. Юрьева УААН и принадлежащей этому институту Устимовской опытной станции (УОС). Передача материала осуществлялась по обмену.

Из наиболее интересных поступлений последних десятилетий следует отметить белорусский материал, большая часть которого получена от селекционно-семеноводческой компании «Соя Север» – инициатора селекции и производства сои в Беларуси. Совместное с этой организацией изучение образцов сои в условиях Белоруссии позволило выявить высокопродуктивные формы для наиболее северных областей соеводства (Vishnyakova et al., 2004).

Не все поступающие из-за рубежа образцы были успешно включены в основной каталог. Основным лимитирующим признаком является продолжительность вегетации. Многие образцы, происходящие из южных широт, при перенесении к северу, на широту Краснодарского края, становились крайне позднеспелыми и при первом же пересеве не вызревали. Так, из 170 образцов, поступивших из Вьетнама, в живом виде сохранилось только два. Также из-за позднеспелости было списано около четверти образцов, поступивших из США.

Всего с 1997 г. в коллекцию сои поступило 1043 образца.

Фасоль. В коллекции 7700 образцов из 102 стран мира. Зарубежные образцы составляют 87% коллекции.

Благодаря международному сотрудничеству за последние 23 года (1996–2018 гг.) коллекция фасоли ВИР пополнилась 888 образцами из 32 стран мира.

Мобилизация материала проводилась, в основном, путем выписки образцов из-за рубежа (481 обр.) и сборов в международных экспедициях с участием ВИР (388 обр.). Небольшую часть поступлений (19 обр.) составила передача образцов, полученных при частных поездках (сорта 'Алуна', 'Хризантема' и 'Эсперанто' из Института Генетики АН Молдовы, французские сорта 'Melissa', 'Velour', 'Vivaldi' из Казахского Национального Университета им. Аль-Фараби и др.).

Международными экспедициями с участием ВИР, как за рубежом (Португалия, Румыния, Китай, Эфиопия), так и на территории бывших союзных республик (Азербайджан, Армения, Украина, Таджикистан, Казахстан, Грузия) были собраны местные образцы, представляющие большой интерес для селекции как носители ценных признаков (Burlyaeva et al., 2014). Наиболее полные сборы были сделаны на Украине (125 обр.), в Армении (122 обр.), Грузии (62 обр.) и Таджикистане (36 обр.).

Обмен источниками ценных для селекции признаков осуществлялся с генбанками, ботаническими садами, университетами и селекционными учреждениями Канады, США, Франции, Бельгии, Польши, Швейцарии, Швеции, Германии, Чехии, Бразилии, Институтом растениеводства им. В. Я. Юрьева Украинской академии наук (УААН). Среди этих учреждений хочется особо отметить фирму «Вильморин» («Vilmorin») – всемирно известную селекционную компанию, создающую сорта и производящую семена овощных культур высочайшего качества. Эта фирма, отметившая свое 275-летие, внесла свой вклад в создание коллекции фасоли ВИР и до сих пор, являясь европейским лидером на рынке гороха и фасоли, предоставляет свои сорта ВИР. Лидером селекции фасоли в Чехии является фирма «Agritek», с которой у ВИР также давние и плодотворные контакты.

Изучение новых зарубежных поступлений позволило выделить источники хозяйственно ценных признаков по основным направлениям селекции фасоли. Взаимодействие с генбанком Канады PGRC привело к включению в коллекцию ВИР 14 раннеспелых сортов фасоли канадской селекции. Эти скороспелые образцы представляют интерес для производства и селекции на Северо-Западе РФ, т. к. короткий вегетационный период позволяет использовать ограниченные тепловые ресурсы этой зоны. Практически все сорта имеют детерминантный характер роста стебля.

Сотрудничество с коллегами из французской неправительственной организации – Ресурсного центра по Прикладной ботанике (CRBA – Centre de Ressources de Botanique Appliquée, г. Лион) – в 2014–2015 гг. позволило пополнить коллекцию 19 старыми французскими сортами, как уже имеющимися ('Sans Rival', 'Merveille du Forez', 'Aiguille Vert', 'Lyonnais a longue cosse'), так и вновь включенными в коллекцию ВИР ('Laome Dagan', 'Coco cerise', 'Non Ran d'Lion', 'Grain de Café de la Bresse', 'Bourg d'Oissans Marron'). На основании договора о сотрудничестве (2006 г.) от Института растениеводства им. В. Я. Юрьева УААН и с подведомственной ему Устимовской ОС было получено 28 современных и старых украинских сортов фасоли ('Веселка', 'Отрада', 'Тосик', 'Сюита', 'Перлина', 'Надия', 'Золотой Ключик' и др.).

Вика. Коллекция вики в настоящее время представлена 5702 образцами из 69 стран. Зарубежные образцы в коллекции составляют 42%. За последние 20 лет (1998–2017 гг.) в коллекцию поступило 1457 образцов из 28 стран.

Особое место занимает приток разнообразия вики из сирийской коллекции ICARDA. Если в 1999 г. запрос был направлен на выписку ДРКР широко культивируемого вида вики *Vicia sativa* L. (400 обр.), то в 2010 г., благодаря многолетнему международному сотрудничеству, осуществлена целенаправленная

передача из Сирии широкого видового разнообразия вик (333 обр.). *Vicia aintabensis* Boiss & Hausskn., *V. assyriaca* Boiss., *V. cappadocica* Boiss & Balansa, *V. dionysiensis* Mouterde, *V. noeana* Reut. ex Boiss., *V. palaestina* Boiss., *V. sericocarpa* Fenzl., некоторые уникальные видовые и внутривидовые таксоны *V. narbonensis* complex, средиземноморские образцы других видов дополнили таксономическое представительство видового и внутривидового состава российской коллекции (Aleksandrova et al., 2017). За счет поступлений из Сирии значительно возросло эколого-географическое разнообразие вик, особенно из стран Ближнего Востока.

Многочисленные экспедиции, в т. ч. с участием международных коллекторов, позволили привлечь в коллекцию ценный материал: из Армении (344 обр.), Азербайджана (10 обр.), Грузии (3 обр.), Таджикистана (93 обр.), Киргизии (8 обр.), Узбекистана (4 обр.), Туркменистана (10 обр.) Казахстана (1 обр.). Как известно, кавказский и центрально-азиатский регионы отличаются разнообразием представителей трибы *Viciae* (Adans.) Bronn. Так, в экспедиции 2005 года по Армении обнаружены местонахождения редких для Армении видов: *Vicia cappadocica*, *Lens ervoides* (Brign.) Grande., *Lens orientalis* (Boiss.) Schmalh., а также нового для территории Армении вида *Vicia pisiformis* L. (Bagmet et al., 2010).

Экспедиционные сборы вики в 2006 г. в северной части Китайской Народной Республики (Внутренняя Монголия) – 3 обр. и в ее северо-восточной части (Хейлундзянская провинция) в 2011 г. – 13 обр. дополнили представительство многолетних эндемичных видов вики, произрастающих также на территории Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации (Vishnyakova et al., 2014).

Экспедиционные сборы вики в 2001 г. в Португалии представлены 79 образцами.

Важную роль в процессах обмена семенным материалом играют ботанические сады. В результате выписки в разные годы в суммарном исчислении получено 80 обр. вики из ботанических садов стран Европейского Союза в т. ч.: из Франции (54 обр.), Италии (9 обр.), Германии (6 обр.), Бельгии (5 обр.), Португалии (3 обр.), Польши (2 обр.) из Англии (1 обр.).

Из SARDI (South Australian Research and Development Institute – Южно-австралийского научно-исследовательского института) поступило 13 обр. Единичные экспедиционные образцы привезены из Румынии и Туниса. Увеличение коллекции вики за описываемый период произошло также за счет поступлений из Японии, Швеции, Югославии, Болгарии, Венгрии.

Материал, представленный в основном сортами культурных видов вики, получен из Беларуси (18 обр.) и Украины (24 обр.).

Среди поступивших образцов выявлены источники ценных признаков, к примеру, семенной продуктивности (к-37451, Беларусь), продуктивности зеленой массы (к-37444, Швеция) и др.

Люпин. Коллекция люпина насчитывает 2918 образцов из 47 стран мира. Зарубежные образцы составляют 85,6 % коллекции.

За последние 20 лет (1998–2017 гг.) коллекция люпина ВИР пополнилась 430 образцами. В результате сотрудничества с зарубежными научными учреждениями, выписки образцов и экспедиций в коллекцию люпина поступило 300 образцов (75% от общего числа поступивших) из 20 стран мира. Материал из Беларуси и Украины представлен селекционными линиями и гибридами: 41 образец желтого люпина (*Lupinus luteus* L.) из Беларуси и 5 из Украины и современными сортами местного происхождения – 36 сортов люпина узколистного (*L. angustifolius* L.) из Беларуси.

Постоянно поступает материал из генбанков Германии (Gatersleben), Китая, Австралии (CLIMA – Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture), Кении (GBK)

и др. Важной частью работы с коллекцией является выписка из различных научных и селекционных учреждений. Значительное количество материала поступило по выписке из Польши (Plant Breeding Station Wiatrowo, Lupinus Gene Bank). Это сорта, местные популяции и дикие формы *L. albus* L. и *L. angustifolius* из центров происхождения этих видов. Кроме того, проводилась выписка из ботанических садов Великобритании, Франции, Германии и др. В частности, из Королевского Ботанического сада Кью (Royal Botanic Gardens, Kew) поступили образцы диких видов: люпин двуцветный (*L. bicolor* Lindl.), считающийся одним из самых скороспелых (Maysuryan, Atabekova, 1974) и люпин древовидный (*L. arboreus* Sims.)

В результате проведения двух международных экспедиций в Португалию, сотрудниками ВИР собрано 56 ценных образцов *L. angustifolius*, *L. luteus* и *L. hispanicus* Boiss. et Reut. Известны межвидовые скрещивания между желтым и испанским люпином (Kazimerski, 1961; Swiecicki, 1985). Один из ценных признаков, присущих испанскому люпину – многосемянность, что позволяет использовать его в селекции.

Экспедиция в Бразилию пополнила коллекцию местными сортами люпина узколистного. В результате обмена с неправительственной организацией Швейцарии Исследовательским институтом органического земледелия (FIBL – Research Institute of Organic Agriculture) в коллекцию поступили 28 современных европейских сортов люпина белого и узколистного.

Нут. В коллекции нута, насчитывающей 3567 образцов, материал из 73 стран мира. Зарубежный материал составляет более 97% коллекции. Это объясняется тем, что признанной экономически значимой культурой в РФ нут стал совсем недавно. За последние 15 лет посевные площади нута выросли в десятки раз. Значительный импульс получила отечественная селекция: из 24 включенных в Госреестр сортов нута 16 созданы за последние 8 лет.

Большая часть пополнения коллекции зарубежным материалом в последние годы – поступления из зарубежных генбанков. В 120-ти национальных и международных генбанках мира сосредоточено 99 877 образцов нута, происходящих из 64 стран. Крупнейшие коллекции находятся в генбанках стран, где нут является важнейшей продовольственной культурой: ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) Индия – 20764 образца, ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) Сирия – 15734 обр. и NBPGR (the National Bureau of Plant Genetic Resources) Индия – 14704 обр. (Uradhyaya et al., 2016).

С 1997 г. в коллекцию поступило 1200 образцов зарубежного материала из 42 стран. Наибольшее число – 597 образцов поступило из ICARDA (Сирия). Этому способствовало многолетнее (2001–2006 гг.) сотрудничество ВИР с этим Международным центром. Сотрудники отдела ездили в Сирию на стажировки с целью изучения материала и оказания консультационной помощи. В результате был изучен большой объем материала из коллекций ВИР и ICARDA, выявлены ценные источники для селекции нута в аридных условиях, а также проанализированы некоторые аспекты истории культуры, в частности, разнообразие староместных сортов из центров происхождения нута (Bulyntsev et al., 2009; Vishnyakova et al., 2017a, б).

Кроме образцов культурного нута в 2006 г. в коллекцию ВИР были привлечены 72 образца 9 диких видов рода *Cicer* L., оцененных в ICARDA и известных своей устойчивостью к целому ряду неблагоприятных факторов. Включенные в коллекцию ВИР образцы *C. judaicum* Boissier и *C. pinnatifidum* Jaubert et Spach являются источниками устойчивости к аскохитозу; *C. bijugum* K. H. Rech.,

C. echinospermum P. H. Davis, *C. judaicum* Boissier, *C. pinnatifidum* и *C. reticulatum* Ladisinsky – к фузариозу; *C. chorassanicum* (Bunge) Popov, *C. cuneatum* Hochst. ex Rich., *C. judaicum* и *C. yamashitae* Kitam. – устойчивы к минирующей мухе; *C. bijugum*, *C. cuneatum*, *C. echinospermum*, *C. judaicum* и *C. reticulatum* – толерантны к поражению зерновкой; *C. pinnatifidum*, *C. bijugum* и *C. reticulatum* устойчивы к нематоде; *C. bijugum* – к пониженным температурам воздуха, а виду *C. reticulatum* присуща еще и засухоустойчивость (Singh et al., 1998; Kumar, Dua, 2006 и др.).

Перенос желательных генов в культурный нут путем интрогрессивной селекции уже осуществляется как методами традиционной гибридизации, так и с привлечением биотехнологий (Kumar et al., 2011).

В настоящее время предпринимаются действия по обмену материалом с ICRISAT, крупнейшим международным генбанком, где прикладные и фундаментальные исследования нута ведутся в планетарном масштабе. Учеными этого института осуществляется широкомасштабная оценка генофонда по признакам продуктивности и адаптивности, выделяются ценные генотипы, создаются сорта для наиболее засушливых зон земного шара. В центре превосходства по геномике ICRISAT отсекален геном культурного вида нута *C. arietinum* L. (Varshney et al., 2013). У ВИР ранее не было контактов с этим генбанком, но в 2018 г. заключен договор об обмене материалом и проведении совместных исследований.

Экспедиционный материал, пополнивший коллекцию за обсуждаемый период, включает местные образцы, привезенные международными экспедициями по горным районам Таджикистана, в том числе экспедицией «По следам Н. И. Вавилова» (2005 г.); по территориям Киргизии, Казахстана, Узбекистана. Эти бывшие республики СССР известны как производители и потребители нута. Интерес для селекции нута представляет и материал, поступивший из Украины, где в последние годы интерес к нуту очень возрос и были созданы сорта ‘Антей’, ‘Колорит’, ‘Орнамент’, ‘Добробут’, ‘Розанна’ и др. Были экспедиционные поступления из Армении, Ирана, Крыма.

Несмотря на интенсификацию селекции нута в РФ в последнее десятилетие, необходимость в поступлениях из-за рубежа очевидна. Особенно актуальным это становится с расширением ареала производства нута в РФ. Мониторинг достижений селекции нута в разных странах мира свидетельствует о создании ценных сортов, устойчивых к почвенной и воздушной засухам и болезням, продуктивных и адаптированных к условиям регионам возделывания (Varshney et al., 2013).

Бобы. В коллекции 1982 образца из 76 стран мира. Зарубежного материала – 91,8%.

Приоритетами для привлечения материала из-за рубежа являются потребности отечественной селекции, а именно материал с высокой семенной продуктивностью, скороспелый, с детерминантным типом роста стебля, устойчивостью к болезням (аскохитоз, ботритиоз, шоколадная пятнистость, серая гниль и фузариозное увядание), а также улучшенными качественными характеристиками сортов – высоким содержанием белка в семенах и зеленой массе и отсутствием антипитательных веществ в семенах.

В результате сотрудничества с INRA (Франция) в коллекцию привлечено 14 образцов, отличающихся высоким качеством семян, в частности, отсутствием или пониженным содержанием в них токсических веществ – вицина и конвицина. Эти вещества – продукты гидролиза β -гликозидов – вызывают у человека опасное заболевание фавизм (от латинского *faba*), обусловленное гемолизом эритроцитов. Среди них такие образцы, как к-2259 ‘Blandine’, и-579969 ‘Express’, и-611845

‘Tisjodin’, и-611848 ‘Ebotov’, и-611849 ‘Eeotov’ (Франция). Пониженным содержанием токсических веществ отличаются и образцы, поступившие из стран Европы: к-1801 ‘Konservenmeister’ (Нидерланды), к-2286 ‘Toret’ (Чехия), к-2071 ‘Felissa’, к-1841 (Германия), к-2270 № 7052, к-2271 № 7101 (Бельгия), предназначенные как для кормового, так и для пищевого использования.

Чечевица. Коллекция чечевицы насчитывает 3080 образцов происхождением из 86 стран. Зарубежные образцы составляют 75% от общего числа.

Новые сорта и образцы происходят в основном из зарубежных стран (Передней Азии, Индии, Австралии, Западной Европы, Латинской Америки, Канады), где активно ведется селекция этой культуры.

Путем обмена материал привлечен из генбанков: ICARDA, CLIMA, Канадского исследовательского центра (г. Саскатун), Добруджинского сельскохозяйственного института (Болгария) – 119 образцов.

В коллекцию включены 17 образцов Украины (Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева УААН), 3 образца Молдовы (Центр Генетических ресурсов).

Из ICARDA получены и включены в коллекцию 12 образцов диких видов и подвидов чечевицы, перспективных для интрогрессивной селекции.

Во ВНИИЗБК (г. Орел) при участии куратора коллекции чечевицы ВИР с помощью методов биотехнологии создан целый ряд межвидовых гибридов *Lens culinaris* × *L. orientalis* – доноров ценных селекционных признаков. Семь таких гибридов включены в коллекцию: к-3023 (P7/06), к-3024 (P7/07), к-3025 (P14/06), к-3026 (P18/06), к-3027 (P19/07), к-3028 (P23/06), к-3029 (P24/06). Также с помощью интрогрессивной селекции создан сорт ‘Восточная’ (Suvorova et al., 2014).

В экспедициях по Азербайджану, Армении и Таджикистану было собрано 27 образцов.

Всего в коллекцию за последние 20 лет привлечено 375 образцов.

Чина. В коллекции чины находится 2047 образцов. Зарубежный материал составляет 84,1% коллекции. За период с 1998 по 2017 гг. в коллекцию поступило 682 образца из 29 стран мира. Наибольшее число было получено из Сирии – ICARDA (274 образца), Армении (110), Австралии (45), Таджикистана (43) и Португалии (24). Семенной материал в основном был предоставлен зарубежными генбанками, ботаническими садами при университетах и селекционными учреждениями. Образцы поступили из 34 профильных ботанических и агрономических организаций.

170 образцов было собрано сотрудниками ВИР в 19 международных экспедициях, проходящих по территориям Азербайджана, Армении, Афганистана, Венгрии, Грузии, Индии, Китая, Таджикистана, Украины, Хорватии.

Благодаря международному сотрудничеству значительно расширился внутривидовой и видовой состав коллекции чины, в нее были включены 14 видов, ранее отсутствующих в ВИР – *Lathyrus amphicarpos* L., *L. basalticus* Rech.f., *L. blepharicarpus* Boiss., *L. belinensis* N. Maxted & Goyder, *L. cassius* Boiss., *L. chrysanthus* Boiss., *L. cilicicus* Hayek et Siehe, *L. ciliolatus* Rech. F., *L. gloeospermus* Warb. et Eig, *L. heterophyllus* L., *L. hirticarpus* Mattatiaet Heyn, *L. linifolius* (Reichard) Bassler, *L. marmoratus* Boiss. et Blanche, *L. mulkak* Lipsky, *L. setifolius* L. В ней появились новые ценные кормовые образцы и сорта, отличающиеся продуктивностью и высоким содержанием белка в зеленой массе (>30,0% на сухое вещество) и семенах (>35,0 % на сухое вещество). Это представители видов *L. sylvestris* L., *L. heterophyllus*, *L. rotundifolius* Willd. и др. Ряд образцов *L. latifolius* L. и *L. vernus* (L.) Bernh. интересны как декоративные растения и могут использоваться в озеленении.

Выписанные образцы чины были включены во многие программы научных исследований ВИР и других научных институтов страны, послужили материалом для изучения при работе над грантами РФФИ: 06-04-48869-а «Решение проблем классификации и филогении рода *Lathyrus* с использованием молекулярных маркеров», 09-04-00574-а «Решение проблем классификации и филогении трибы *Vicieae* (Adans.) Bronn. сем. *Fabaceae* Lindl. на основе анализа молекулярно-генетического полиморфизма ее представителей», 15-04-05372 А «Криптические виды в разных систематических группах цветковых растений: их выявление по морфологической, кариологической и генетической дифференциации популяций». По результатам проведенных экспериментов был опубликован целый ряд статей (Ryzhova et al., 2007; Vishnyakova et al., 2008; Burlyaeva et al., 2010; Pimonov, Evtushenko, 2010; Naumkin, Donskoy et al., 2012).

Вигна. В настоящее время в коллекции находится 4110 образцов 10 видов рода *Vigna* Sawi: коровьего гороха, маша, урда, адзуки, мота, угловатой, рисовой морской вигны и др. Зарубежный материал составляет более 96,2% коллекции.

За последние 20 лет в коллекцию поступило 544 образца из 17 стран, из них только 27 собраны в экспедициях ВИР по Азербайджану, Казахстану, Таджикистану, Узбекистану, Китаю, Грузии, Ирану, Абхазии, Шри-Ланке и Киргизии. Большая часть материала получена из генетических банков семян Китая (CAAS) и Кении (GBK – National Genebank of Kenya): 222 и 250 образцов соответственно. 45 образцов были приобретены по обмену или подарены сотрудниками научных учреждений Молдавии, Казахстана, Индии, Вьетнама, США и Южной Кореи.

Среди новых поступлений по числу образцов и богатству внутривидового разнообразия наиболее полно были представлены виды *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (коровий горох), *V. radiata* (L.) R. Wilczek. (маш), *V. angularis* (Willd.) Ohwiet Ohashi (адзуки), *V. umbellate* (Thunb.) Ohwiet Ohashi (рисовая вигна). Так, включенные в коллекцию 274 образца *V. unguiculata*, принадлежали к трем подвидам: subsp. *unguiculata* (коровий горох), subsp. *cylindrical* (L.) Verdc. (вигна катьян), subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. (спаржевая вигна) и были получены из 14 стран Европы и Азии, расположенных в умеренном, субтропическом и тропическом климате. Интродукционное изучение этих образцов на филиалах ВИР позволило выделить новый исходный материал перспективный для возделывания в южных регионах нашей страны. Как источники длинноплодности и продуктивности овощных бобов наиболее ценными оказались сорта: ‘Yu Yan San Chi Lv’ (масса 10 бобов до 670 г, длина боба до 92 см), ‘Xue Long Yi Hao’ (масса 10 бобов до 470 г, длина боба до 63 см) (рис. 7, 8), ‘Zao Chun’ (масса 10 бобов до 435 г, длина боба до 83 см), ‘Xin Jang’ (масса 10 бобов до 350 г, длина боба до 90 см), ‘Zi San Chi’ (масса 10 бобов до 250 г, длина боба до 82 см). Как источник раннеспелости, длинноплодности и продуктивности ‘Zao Chun Jiang Dou’ (масса 10 бобов до 320 г, длина боба до 80 см) (Chebukin, Burlyaeva, 2016).

Из 162 образцов *V. radiata* (представителей 9 стран Северной Америки, Европы и Азии) наиболее значимыми для России были скороспелые образцы из Китая и Кении. Следует отметить, что кенийские образцы вызревали в условиях открытого грунта даже в Самарской обл. – на опорном пункте ВИР – самой северной точке возделывания культуры.

Несомненный интерес для интродукционного изучения на Дальнем Востоке России, Краснодарском крае (на богаре) и в Прикаспийской низменности (на орошении) представляют полученные из Китая, Кореи и Грузии виды *V. angularis* – адзуки (50 обр.) и *V. umbellate* – рисовой вигны (41 обр.). Эти культуры, традиционные в странах южной Азии, имеют высокую стоимость на продовольственных рынках. В наших опытах в условиях Астраханской обл. многие

из них выделялись своей продуктивностью и скороспелостью. Данные сорта перспективны для выращивания в соответствующих им условиях, имеющихся на территории РФ, на экспорт в Японию и др. азиатские страны.

В заключение нашего обзора хочется отметить, что мобилизация зарубежного материала в коллекцию была и остается важной задачей ВИР. Только привлечение мирового разнообразия видов и сортов культурных растений, пригодных для возделывания в условиях нашей страны, может способствовать созданию сортов мирового уровня. Наличие в коллекции экотипов и форм с максимальным охватом ареала вида позволяет полностью вскрыть его генетический потенциал. Особую роль это имеет для тех культур, селекция которых еще не нашла должного развития в нашей стране, и пополнение коллекции возможно только путем получения селекционных наработок других стран. Следует отметить, что мобилизация зарубежного материала могла бы быть более продуктивной по мере решения некоторых правовых международных норм и правил. К примеру, определенный импульс она может получить после подписания Российской Федерацией Международного Договора о растительных генетических ресурсах для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства (International Treaty..., 2004), которое уже многие годы инициирует ВИР. Известное вавилонское выражение «виноград должен стоять на глобусе» наполняется новым смыслом по мере развития двух взаимопротивоположных тенденций: с одной стороны, роста мирового сортимента культурных растений, с другой стороны, генетической эрозии агробиоразнообразия. Успеть спасти то, что может безвозвратно исчезнуть – один из приоритетов работы ВИР. Коллекция ВИР всегда была и остается депозитарием мирового разнообразия генетических ресурсов растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания по тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0014 «Совершенствование стратегии, научно-методического и информационного сопровождения целенаправленного поиска и сбора ценных генотипов культурных растений и их диких родичей», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710357-1.

References/Литература

- Aleksandrova T. G., Street K., Sweid F., Konopka J., Furman B., Piggins J., Valkoun J., Amri A., Vishnyakova M. A. Extention of the collection of VIR by means of adjunction some taxa of vetches (*Vicia* L.) from the collection from ICARD // In : N. I. Vavilov's ideas in the modern world. Abstracts of IV Vavilov international conference. St. Petersburg, 2017, p. 108 [in Russian] (Александрова Т. Г., Стрит К., Свейд Ф., Конопка Дж., Фурман Б., Пиггин Дж., Валкаун Дж., Амри А., Вишнякова М. А. Пополнение коллекции ВИР некоторыми таксонами вики (*Vicia* L.) из коллекции ICARDA // В кн. : Идеи Н. И. Вавилова в современном мире. Тезисы докладов IV Вавиловской международной научной конференции. СПб., 2017. С. 108).
- Bagmet L. V., Smekalova T. N., Burlyaeva M. O., Ozerskaya T. M., Vishnyakova M. A. VIR scientific expeditions (1950–2008) to study the tribe Viciaeae (Fabaceae) in the Caucasus [in Russian] // In : Study of the Flora of the Caucasus // Abstracts of the international conference. Pyatigorsk, 2010. pp. 18–19. (Багмет Л. В., Смекалова Т. Н., Бурляева М. О., Озерская Т. М., Вишнякова М. А. Экспедиции ВИР 1950–2008 гг. по изучению трибы Viciaeae семейства Fabaceae на Кавказе // В кн. : Изучение флоры Кавказа // Тезисы докладов Международной научной конференции. Пятигорск, 2010. С. 18–19).
- Bulyntsev S. V., Gurkina M. V., Pecherov A. A. Catalog of the world collection of VIR. Chickpeas. Initial material for chickpea breeding in Astrakhan region. (Katalog mirovoy kollektzii VIR. Nut. Iss. 792 // Iskhodnyy material dlya selektsii nuta v Astrakhanskoy oblasti). St. Petersburg, 2009, 64 p. [in Russian] (Булыntsev С. В., Гуркина М. В., Печеров А. А. Каталог мировой коллекции ВИР. Нут. Выпуск 792. // Исходный материал для селекции нута в Астраханской области. СПб., 2009. 64 с.).
- Burlyaeva M. O., Vishnyakova M. A. Phenotypic and genotypic diversity of *Lathyrus sativus* L. from the Vavilov institute collection // The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeding Scientists, 2010, vol. 14, no. 4, pp. 747–760 [in Russian] (Бурляева М. О., Вишнякова М. А. Фенотипическое

- и генотипическое разнообразие *Lathyrus sativus* L. из коллекции ВИР // Вестник ВОГиС. 2010. Т. 14, № 4. С. 747–760).
- Burlyayeva M. O., Seferova I. V., Buravtseva T. V., Bulyntsev S. V., Aleksandrova T. G., Vishnyakova M. A. The increase of genetic diversity of wild grain legume relatives in the VIR collections as a result of collecting activities in 2008–2012 // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2014, vol. 175, no. 3, pp. 119–141 [in Russian] (Бурляева М. О., Сеферова И. В., Буравцева Т. В., Булынцева С. В., Александрова Т. Г., Вишнякова М. А. Пополнение генофонда диких родичей зернобобовых культур в коллекции ВИР как результат экспедиционной деятельности отдела в 2008–2012 гг. // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2014. Т. 175, № 3. С. 119–141).
- Chebukin P. A., Burlyayeva M. O. Comparatively study of varieties of vegetable cowpea of different breeding periods in Primoriye region // Vegetable crops of Russia, 2016, no. 4 (33), pp. 38–45 [in Russian] Чебукин П. А., Бурляева М. О. Сравнительное изучение сортов овощной вигны разных периодов селекции при интродукции в Приморском крае // Овощи России. 2016. № 4 (33). С. 38–45). DOI : <http://dx.doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-38-45>.
- Convention On Biological Diversity // United Nations. 1992. 28 p.
- Dzyubenko N. I., Seferova I. V. Collection of soy bean VIR in the early 21st century: composition and potential of use in breeding // Fodder and feed production. (Dzyubenko N. I., Seferova I. V. Kolleksiya soi VIR v nachale 21-go veka: sostav i potentsial selektsionnogo ispol'zovaniya // Kormy i kormovuyrobnytsvo. Vinnitsya. Ukrayina). Vinnitsa, Ukraine, 2011, vol. 69, pp. 20–25 [in Russian] (Дзюбенко Н. И., Сеферова И. В. Коллекция сои ВИР в начале 21-го века: состав и потенциал селекционного использования // Корми і кормовиробництво. Вінниця. Україна, 2011. В. 69. С. 20–25).
- Hymowitz T. Dorsett-Morse Soybean Collection Trip to East Asia: 50 Year Retrospective // Economic Botany, 1984, vol. 38, no. 4, pp. 378–388.
- International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. 2004 (Международный Договор о растительных генетических ресурсах для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. 2004).
- Kazimierski T. Interspecific Hybridization of *Lupinus*. // Genetica Polonica, 1961, vol. 2, no. 1, pp. 97–102.
- Kosterin O. E. Prospects of the Use of Wild Relatives for Pea Breeding. 2016 // Russian Journal of Genetics: Applied Research, 2016, vol. 6, no. 3, pp. 233–243. DOI: 10.1134/S2079059716030047.
- Kumar S., Dua R. P. Chickpea // In : Plant Genetic Resource Foodgrain Crops / Dhillon B. S., Saxena S., Agrawal A., Tyagi R. K. (eds), Narosa Publishing House, New Delhi, India. 2006, pp. 302–313.
- Kumar S., Imtiaz M., Gupta S., Pratap A. Distant Hybridization and Alien Gene Introgression // In: Biology and Breeding of Food Legumes / eds. A. Pratap and J. Kumar). India. 2011, pp. 81–110.
- Loskutov I. G. History of the world collection of plant genetic resources in Russia. (Loskutov I. G. Istoriya mirovoy kollektsii geneticheskikh resursov rasteniy v Rossii. St. Petersburg, 2009, 293) [in Russian] (Лоскутов И. Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. СПб., 2009. 293 с.).
- Maysuryan N. A., Atabekova A. I. Lupine (Maysuryan N. A., Atabekova A. I. Lyupin. Moscow, 1974, 463 pp. [in Russian] (Майсурян Н. А., Атабекова А. И. Люпин. М., 1974. 463 с.).
- Naumkin V. P., Donskoy M. M. Sources of economic-valuable features for selection of *Lathyrus* (*Lathyrus sativus* L.) in the condition of Orlov region // Grain Economy of Russia, 2012, no. 3 (21), pp. 43–47 [in Russian] (Наумкин В. П., Донской М. М. Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции чины посевной (*Lathyrus sativus* L.) в условиях Орловской области // Зерновое хозяйство России. 2012. № 3 (21). С. 43–47).
- Pimonov K. I., Evtushenko E. V. Comparative efficiency of grass peavine samples in Rostov region // Fodder Production, 2011, no 3, pp. 20–26 [in Russian] (Пимонов К. И., Евтушенко Е. В. Сравнительная продуктивность образцов чины посевной в Ростовской области // Кормопроизводство. 2011. № 3. С. 30–26).
- Ryzhova N. N., Burlyayeva M. O., Kochieva E. Z., Vishnyakova M. A. Using of ITS sequences for the evaluation of taxonomic relations of the representatives of tribe *Vicieae* (Adans.) Bronn сем. Fabaceae Lindl. // Ecological genetics, 2007, vol. 3, pp. 5–14 [in Russian] (Рыжова Н. Н., Бурляева М. О., Вишнякова М. А., Кочиева Е. А. Использование ITS последовательностей для оценки таксономических отношений у представителей трибы *Vicieae* (Adans.) Bronn сем. Fabaceae Lindl. // Экологическая генетика. 2007. № 3. С. 5–14).
- Seferova I. V., Vishnyakova M. A. Role of agricultural institutions of Chinese-eastern railway in the formation of the soybean collection at the Vavilov institute of plant industry and its breeding in the USSR // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii. 2014, vol. 18, no. 3, pp. 202–207 [In Russian] (Сеферова И. В., Вишнякова М. А. Вклад сельскохозяйственных опытных учреждений Китайско-Восточной железной дороги в формирование коллекции сои ВИР и в развитие ее селекции в СССР // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18, № 3. С. 202–207).

- Singh K. B., Ocampo B., Robertson L. D. Diversity for abiotic and biotic stress resistance in the wild annual Cicer species // Genetic Resources and Crop Evolution, 1998, 45, pp. 9–17.
- Singh R. J., Nelson R. L. Intersubgeneric hybridization between *Glycine max* and *G. tomentella*: production of F₁, amphidiploid, BC₁, BC₂, BC₃, and fertile soybean plants // TheorAppl Genet. 2015, vol. 128, no. 6, pp. 1117–1136. DOI: 10.1007/s00122-015-2494-0.
- Suvorova G. N., Kostikova N. O., Zotikov V. I., Ikonnikov A. V., Uvarova O. V., Yan'kov I. I. New lentil variety Oriental (Novyy sort chechevitsy Vostochnaya) // Zemledeliye – Agriculture, 2014, no. 4, pp. 19–20 [in Russian] (Суворова Г. Н., Кости́кова Н. О., Зоти́ков В. И., Иконни́ков А. В., Уварова О. В., Яньков И. И. Новый сорт чечевицы Восточная // Земледелие. 2014. № 4. С. 19–20).
- Swiecicki W. Studies on the interspecific hybrid *Lupinus hispanicus* Boiss. et Reut. × *L. luteus* L. Lupin Newslet., 1985, 8, pp. 24–25.
- Upadhyaya H. D., Dwivedi S. L., Sharma S. Managing and Discovering Agronomically Beneficial Traits in Chickpea Germplasm Collections // In: The Chickpea Genome / Varshney R., Thudi M., Muehlbauer F. (eds) Springer Int. Publishing, 2017, pp. 43–52.
- Varshney R. K., Song C., Saxena R. K., Azam S., Yu S., Sharpe A. G., Cannon S. et al. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement // Nature Biotechnology, 2013, vol. 31, pp. 240–246.
- Varshney R. K., Mohan S. M., Gaur P. M., Gangarao N. V., Pandey M. K., Bohra A., Sawargaonkar S. L., Chitkineni A., Kimurto P. K., Janila P., Saxena K. B., Fikre A., Sharma M., Rathore A., Pratap A., Tripathi S., Datta S., Chaturvedi S. K., Mallikarjuna N., Anuradha G., Babbar A., Choudhary A. K., Mhase M. B., Bharadwaj Ch., Mannur D. M., Harer P. N., Guo B., Liang X., Nadarajan N., Gowda C. L. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975013000037> – Achievements and prospects of genomics-assisted breeding in three legume crops of the semi-arid tropics // Biotechnology Advances. 2013, pp. 1120–1134. DOI: org/10.1016/j.biotechadv.2013.01.001.
- Vavilov N. I. Five continents. Moscow, 1987, p. 213 [in Russian] (Вавилов Н. И. Пять континентов. М. 1987. С. 213).
- Vavilov N. I. Next tasks of agricultural plant growing. (Ocherednyye zadachi sel'skokhozyaystvennogo rasteniyevodstva // V kn. : "Zhizn' korotka, nado speshit'..." // In : "Life is short, we must hurry ...". Moscow, 1990, pp. 79–88 [in Russian] (Вавилов Н. И. Очередные задачи сельскохозяйственного растениеводства. В кн. «Жизнь коротка, надо спешить...» М., 1990. С. 79–88).
- Vavilov N. I. World plant resources and their use in breeding. (Mirovyye rastitel'nyye resursy i ikh ispol'zovaniye v selektsii.) Selected Works. Moscow ; Leningrad : Science, 1962, vol. III, pp. 474–491 [in Russian] (Вавилов Н. И. Мировые растительные ресурсы и их использование в селекции // Избранные труды. М. ; Л. : Наука. 1962. Т. III. С. 474–491).
- Vishnyakova M. A., Aleksandrova T. G., Buravtseva T. V., Bulyntsev S. V., Burlyaeva M. O., Egorova G. P., Semenova E. V., Seferova I. V., Yankov I. I. Strategy and tactics of mobilization of genetic resources of leguminous plants in the collection of VIR at the turn of the XX–XXI centuries // Proceedings of Applied Botany, Genetics and Breeding. 2012, vol. 169, pp. 41–52 [in Russian] (Вишнякова М. А., Александрова Т. Г., Буравцева Т. В., Булыntsev С. В., Бурляева М. О., Егорова Г. П., Семенова Е. В., Сеферова И. В., Яньков И. И. Стратегия и тактика мобилизации генетических ресурсов зернобобовых в коллекцию ВИР на рубеже XX–XXI веков // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 169. С. 41–52).
- Vishnyakova M. A., Burlyaeva M. O., Alexandrova T. G., Sabitov A. Sh., Zhang Zh., Zhang Ts., Chebukin P. A. Expedition collections of representatives of the tribe Viciae in the Russian Federation and on contiguous territories. Khabarovsk region and northeastern China // Proceedings of Applied Botany, Genetics and Breeding. 2014, vol. 175, no 1, pp. 63–67 [in Russian] (Вишнякова М. А., Бурляева М. О., Александрова Т. Г., Сабитов А. Ш., Чжан Ж., Чжан Ц., Чебукин П. А. Экспедиционные сборы представителей трибы Viciae в Российской Федерации и на сопредельных территориях. Хабаровский край и Северо-Восточный Китай // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2014. Т. 175. № 1. С. 63–67).
- Vishnyakova M. A., Davydenko O. G., Rozentsveig V. E., Golovenko D. V., Shablinskaya O. V. Soya. (initial material for breeding of early – matured soybean varieties). Catalog of the world collection of VIR. (Soya. Iskhodnyy material dlya selektsii skorospelykh sortov soi). Katalog mirovoy kollektiv VIR. St. Petersburg, 2004, iss. 746. 28 p.) [in Russian] (Вишнякова М. А., Давыденко О. Г., Розенцвейг В. Е., Голоенко Д. В., Шаблинская О. В. Соя. Исходный материал для селекции скороспелых сортов сои. Каталог мировой коллекции ВИР. СПб., 2004. Вып. 746. 28 с.).
- Vishnyakova M. A., Seferova I. V. Soybean. Identified plant gene pool and breeding. St. Petersburg, 2005, pp. 841–850 (Soya. Identifitsirovannyy genofond rasteniy i selektsiya. St. Petersburg, 2005, pp. 841–850) [in Russian] (Вишнякова М. А., Сеферова И. В. Соя. Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб., 2005. С. 841–850).
- Vishnyakova M. A. The role of N. I. Vavilov in the creation of VIR grain legumes genetic resources collection // Agricultural Biology, 2012, no 5, pp. 31–38 [in Russian] (Вишнякова М. А. Роль

- Н. И. Вавилова в создании коллекции генетических ресурсов зернобобовых культур // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 5. С. 31–38).
- Vishnyakova M. A., Burlyaeva M. O., Alpatieva N. V., Chesnokov Yu. V. RAPD-analysis of intrageneric polymorphism in *Lathyrus* L. from Fabaceae Lindl. // The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeding Scientists, 2008, vol. 12, no. 4, pp. 595–607 [in Russian] (Вишнякова М. А., Бурляева М. О., Алпатьева Н. В., Чесноков Ю. В. RAPD-анализ видового полиморфизма рода Чина (*Lathyrus* L.) сем. Fabaceae Lindl. // Вестник ВОГИС. 2008. Т. 12, № 4. С. 595–607).
- Vishnyakova M. A., Burlyaeva M. O., Bulyntsev S. V., Seferova I. V., Plekhanova E. S., Nuzhdin S. V. Phenotypic diversity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces accumulated in the Vavilov collection from the centers of the crop origin // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017a., vol. 21, no. 2, pp. 170–179 [in Russian] (Вишнякова М. А., Бурляева М. О., Булынецов С. В., Сеферова И. В., Плеханова Е. С., Нуждин С. В. Фенотипическое разнообразие местных сортов нута (*Cicer arietinum* L.) из центров происхождения культуры, сохраняемых в коллекции ВИР // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017а. Т. 21, № 2. С. 170–179). DOI 10.18699/VJ16.18-o.
- Vishnyakova M. A., Burlyaeva M. O., Bulyntsev S. V., Seferova I. V., Plekhanova E. S., Nuzhdin S. V. Chickpea landraces from centers of the crop origin: diversity and differences // Agricultural Biology, 2017b., vol. 52, no. 5, pp. 976–998 [in Russian] (Вишнякова М. А., Бурляева М. О., Булынецов С. В., Сеферова И. В., Плеханова Е. С., Нуждин С. В. Местные сорта нута из центров происхождения культуры: разнообразие и различия // Сельскохозяйственная биология. 2017б. Т. 52, № 5. С. 976–998). DOI: 10.15389/agrobiology. 2017. 5.976 rus.
- Vishnyakova M. A., Ozerskaya T. M. N. I. Vavilov's expeditions as a source of replenishment of VIR collection of grain legumes genetic resources // Zernobobovyye i krupnyanyye kul'tury – Leguminous and cereal crops. 2017, no 4, pp. 7–13 [in Russian] (Вишнякова М. А., Озерская Т. М. Экспедиции Н. И. Вавилова как источник пополнения коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4. С. 7–13).

УДК: 581.6:504.73(571.63)

Г. В. Таловина¹,
Е. В. Аистова²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: g.talovina@vir.nw.ru

² Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, 675000, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе 2 км, Россия, e-mail: stork-e@yandex.ru

Ключевые слова:

сохранение *in situ*, генетические растительные ресурсы, дикие родичи культурных растений, Приморский край

Поступление:

26.06.2018

Принято:

19.09.2018

ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ: ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ

Приморский край является во флористическом отношении наиболее богатым районом российского Дальнего Востока (РДВ). Многие представители флоры обладают полезными для человека качествами и ценными лекарственными, пищевыми и декоративными свойствами.

С целью сохранения генетических ресурсов растений региона нами проведена инвентаризация видового состава диких родичей культурных растений (ДРКР) Приморского края. На основе полученных данных выполнен таксономический анализ, выявлено соотношение аборигенных и адвентивных видов, их представленность в заповедниках Приморского края, проведено ранжирование видов по хозяйственной ценности, по критерию редкости и уязвимости, даны рекомендации к приоритетному сохранению видов ДРКР на территории Приморского края. **Материалы и методы.** Материалом послужили как литературные данные по флоре региона, так и собственные полевые исследования, проведенные маршрутным методом. Таксономический анализ ДРКР проводился по общепринятой флористической методике. Аспекты сохранения ДРКР Приморского края разрабатывались с использованием единой методики сохранения *in situ* диких родичей культурных растений России. **Результаты и выводы.** В результате проведенного анализа выявлено 442 вида сосудистых растений диких родичей культурных растений Приморского края, из 120 родов и 37 семейств. Доля ДРКР составляет около 16% от всей флоры края. Рекомендованы к приоритетному сохранению в Приморском крае 143 вида. Успешное сохранение видов возможно в составе особо охраняемых природных территорий. ДРКР представлены в Уссурийском и Сихотэ-Алинском заповедниках Приморского края (151 и 143 вида соответственно), далее в порядке убывания – в заповедниках «Кедровая Падь» и Лазовском (128 и 119 видов). Относительно немногочисленны ДРКР в Дальневосточном морском и Ханкайском заповедниках (67 и 59). Доля адвентивного компонента среди ДРКР Приморского края (42,5%) имеет более низкое значение по сравнению с общими данными по флоре. Еще более низкий процентный состав адвентивных видов характерен для заповедников, что связано с охраняемым режимом этих территорий. Самая низкая доля заносных видов среди ДРКР выявлена в Дальневосточном морском, Сихотэ-Алинском заповедниках и заповеднике «Кедровая Падь» (11,9%, 13,2% и 13,3%). Самая высокая доля адвентивных видов ДРКР – в Лазовском заповеднике (33,6%), в Ханкайском и Уссурийском – средние показатели (23,7% и 17,9%).

G. V. Talovina¹,
E. V. Aistova²

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44, Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia, e-mail: g.talovina@vir.nw.ru;

²Amur Branch of the Botanical Garden-Institute, FEB RAS, 2nd km, Ignatevskoye Hwy, Blagoveshchensk, 675000, Russia, e-mail: stork-e@yandex.ru

Key words:

crop wild relatives, Primorsky Region of the Russian Far East, *in situ* conservation, plant genetic resources

Received:

26.06.2018

Accepted:

19.09.2018

CROP WILD RELATIVES INVENTORY AND CONSERVATION IN THE PRIMORSKY REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

Background. The Primorsky Region is the most floristically diverse region of the Russian Federation and the Russian Far East because of the richness of the local endemic vegetation. Representatives of many species can be used as medicinal, food, forage and ornamental plants. In order to conserve plant genetic resources (PGR) of the Primorsky Region, specific composition of crop wild relatives (CWR) was inventoried. A complete CWR inventory is the fundamental basis for the development of *in situ* conservation as an integral part of a system of science-based rational use of the genetic diversity. A taxonomic analysis of the list has revealed the native/adventive species ratio. The species were ranked according to their economic value and the criterion of rarity and vulnerability. CWR representation in the reserves of the Primorsky Region was studied and recommendations concerning priority CWR species identification and *in situ* conservation issued. **Materials and methods.** The study was based both on literature data and on the authors' collecting mission materials obtained by means of the route exploration method. CWR taxonomic analysis employed the common floristic method. Aspects of CWR conservation in the Primorsky Region were developed using a unified methodology for CWR *in situ* conservation in Russia. **Results and conclusions.** The analysis has resulted in the identification of 442 vascular plants species from 120 genera and 37 families representing CWR in the Primorsky Region. CWR amount to about 16% of the entire flora of the region. Priority conservation has been recommended for 143 species. Most successfully CWR species can be conserved within the specially protected natural territories. CWR are represented in the following nature reserves of the Primorsky Region: Ussuriysky (151 species), Sikhote-Alinsky (143 spp.), Kedrovaya Pad (128 spp.), Lazovskoye (119 spp.), Dalnevostochny Morskoy (67 spp.) and Khanka (59 spp.). Adventive species amount to 42.5% among CWR of the Primorsky Region, that is, their fraction is smaller than the general figure for the regional flora. The smallest fraction of adventive species among CWR was detected in the Dalnevostochny Morskoy, Sikhote-Alinsky and Kedrovaya Pyad nature reserves (11.9%, 13.2% and 13.3%, respectively). The fraction of invasive species among CWR was found to be the largest (33.6%) in the Lazovsky Reserve. The average figures were recorded for the Khanka and Ussuriysky reserves (23.7% and 17.9%, respectively).

Введение

Необходимость проведения инвентаризации генетических ресурсов растений различных регионов России на сегодняшний день не вызывает сомнения и является первостепенной задачей, так как знание их видового разнообразия и мест естественного распространения позволит в дальнейшем проводить отбор форм с наиболее ценными признаками и включать отобранные формы в селекционный процесс. Полная инвентаризация диких родичей культурных растений (ДРКР) различных регионов России является фундаментальной основой разработки методики сохранения *in situ* как составной части научно обоснованной системы рационального использования генофонда и способствует разработке конкретных мер по сохранению целевых таксонов в составе природных растительных сообществ. Создание списков ДРКР, приоритетных к сохранению на территории различных субъектов Российской Федерации, способствует практическому сохранению видов для их дальнейшего рационального использования. Эколого-географическое изучение ДРКР, кроме того, необходимо для дальнейшего сохранения редких и исчезающих видов из их числа. Настоящее исследование проведено в рамках работы по инвентаризации и сохранению ДРКР регионов России, в том числе Дальнего Востока (Talovina, Aistova, 2017), осуществляемой в отделе Агроботаники и сохранения *in situ* генресурсов растений ВИР. В задачи настоящего исследования входили сбор и анализ информации о видах ДРКР Приморского края с целью разработки способов сохранения и рационального использования генофонда ДРКР исследуемой территории.

Приморский край занимает южную часть российского Дальнего Востока (РДВ), выходящую к незамерзающему Японскому морю. Северная точка Приморского края находится на границе с Хабаровским краем, крайняя южная – в устье реки Туманной, на границе с КНДР, крайняя западная точка – на границе с КНР в Хасанском районе, а крайняя восточная – на побережье Японского моря (мыс Золотой). Максимальная протяженность Приморского края с севера на юг и с запада на восток достигает соответственно 900 км и 430 км, а его площадь насчитывает 165,9 тыс. кв. км (Gvozdetskiy, 1963; Kozhevnikov, Kozhevnikova, 2014; Flora of the Primorsky..., 2012). Современный климат в восточной части Приморского края муссонный, с частыми дождями и обилием осадков, в западной – континентальный.

Наличие в ландшафтах Приморья реликтовых элементов указывает на то, что природные условия начиная с олигоцена мало менялись. Об этом свидетельствуют и отчетливо выраженные разрывы ареалов ряда растений, встречающихся, с одной стороны, в западных областях Европы и южных районах России и, с другой стороны, в районах Приморья, но обычно отсутствующих в Сибири. Отдельные виды растений, встречающихся на юге Дальнего Востока, являются викарными видам, произрастающим на Кавказе или в Европе (Gvozdetskiy, 1963). Наиболее крупный и хорошо сохранившийся массив неморальных (пребореальных) лесов находится в бассейне р. Уссури на территории Приморского и Хабаровского краев. Важной особенностью, отличающей уссурийскую тайгу от распространенных южнее широколиственных и смешанных маньчжурских лесов, служит обилие бореальных, в первую очередь – охотских и охотско-камчатских видов. Здесь одновременно можно наблюдать *Vitis amurensis* Rupr., *Oxycoccus palustris* Pers., представителей семейства Araliaceae (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz., *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim., *Oplopanax elatus* (Nakai) Nakai, *Aralia elata* (Miq.) Seem., *Betula platyphylla* Sukaczew, *B. lanata* (Regel) V.N. Vassil., *Nelumbo komarovii* Grossh., *Sphagnum* spp. (Kozhevnikov, Kozhevnikova, 2014).

В южной части РДВ встречаются представители 12 семейств, характерных для теплоумеренных, а также субтропических и тропических областей Восточной Азии и отсутствующих в других регионах РФ. Среди них семейства Actinidiaceae, Schisandraceae, в составе которых есть виды, непосредственно представленные в культуре, имеющие селекционные сорта: *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill., *Actinidia arguta* (Siebold et Zucc.) Planch. ex Miq., *A. kolomikta* (Maxim.) Maxim.

Высокий уровень таксономического разнообразия и принципиальные особенности флоры Приморского края определяются характером географического положения его территории и расположением ее близ одного из важнейших фитогеографических рубежей Азиатского континента. Приморье находится на стыке двух крупнейших фитоценозов Голарктики – Циркумбореальной и Восточноазиатской флористических областей (Takhtadzhyan, 1978).

Природная флора Приморского края насчитывает 2748 видов сосудистых растений из 875 родов и 173 семейств, из которых 559 видов на РДВ встречаются только на территории Приморья (специфические виды). Это самый высокий показатель среди административных подразделений РДВ как по общему уровню богатства флоры, так и по степени его видовой специфичности. Природная флора Приморья содержит в своем составе более 70 дифференциальных родов, около 40 из них являются здесь аборигенными, в том числе такие роды как *Armeniaca* Scop., *Prinsepia* Royle, и около 30 – адвентивными.

В Приморском крае высока доля эндемизма – здесь встречается 127 (из 470) эндемиков флоры РДВ, из которых 65 видов являются эндемиками Приморья (Kozhevnikov, Kozhevnikova, 2014). Существенные различия в таксономическом составе сосудистых растений выявлены для территорий Приморского края, принадлежащих к разным бассейнам – р. Амура (всего в этом секторе 2215 видов, или 80,6%) и Японского моря (2596, или 94,5%). Линия водораздела между бассейном р. Амур и бассейном Японского моря представляет собой важный ботанико-географический рубеж, разграничивающий ареалы видов преимущественно приокеанических (западно-пацифических) и видов более континентального склада (Kozhevnikov, Kozhevnikova, 2014).

Приморский край лидирует в Дальневосточном регионе по количеству находящихся под угрозой исчезновения растений, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (Red Data Book, 2008b). Из 167 видов, включенных в это издание для РДВ, флора Приморья содержит 89, тогда как для Сахалинской области и Хабаровского края эта цифра составляет соответственно 71 и 51 вид, а для остальных субрегионов она значительно меньше. В Красную книгу Приморского края (Red Data Book, 2008a) внесено 213 видов сосудистых растений.

Материал и методы

В своей работе мы опирались на флористический список Приморского края, составленный А. Е. Кожевниковым и З. В. Кожевниковой (Kozhevnikov, Kozhevnikova, 2014), а также на обобщающие флористические работы по российскому Дальнему Востоку (Voroshilov, 1985; Kharkevich, 1985–1996; Kozhevnikov, Probatova, 2006). В анализ были включены как аборигенные виды, так и адвентивные. Полевые исследования ДРКР Приморского края проводились маршрутным методом, широко применяемым при изучении флоры и растительных сообществ (Mirkin, Rosenberg, 1978), со второй декады июня по третью декаду августа в 2010–2011 гг. и 2013–2014 гг. в следующих районах: Дальнегорский, Черниговский, Анучинский, Спасский, Уссурийский, Шкотовский, Надеждинский и Хасанский. Площадь этих районов составляет около 17% от общей площади края. Результаты полевых выездов в комплексе с литературными данными о флоре края

позволили составить аннотированный список и провести анализ распространения ДРКР в Приморском крае. В 2017 году экспедиционный отряд ВИР совершил маршрутное обследование территории Приморского края, в ходе которого были отмечены точки произрастания 8 видов ДРКР рода *Lactuca* L., а также родов *Allium* L., *Asparagus* L., *Fragaria* L., *Cichorium* L., *Brassica* L., *Glycina* Willd., *Lathyrus* L. (Kurina et al., 2018). Для уточнения распространения некоторых видов при составлении списка ДРКР были использованы материалы Гербариев (LE, WIR, VLA) и собственные сборы (всего около 500 гербарных образцов).

Для выбора приоритетных объектов и путей сохранения использовали методику сохранения *in situ* генетических растительных ресурсов, разработанную N. Maxted и др. (Maxted et al., 1997) и адаптированную для территории России (Smekalova et al., 2002). Для определения степени хозяйственной ценности и экономической значимости использовалось ранжирование (Smekalova, Chukhina, 2005). Общий список видов ДРКР ранжируется на 5 групп (рангов) по принципам родства с культурными растениями и экономической значимости: I ранг – виды, непосредственно представленные в культуре, имеют сорта; II – виды, непосредственно участвующие в скрещиваниях, используемые как источники генов или как подвои; III – виды близкого родства с введенными в культуру (в составе одной секции, одного подрода), перспективные для хозяйственного использования; IV – другие полезные виды рода, используемые в собирательстве и народной селекции (сортов); V – все остальные виды данного рода.

Обсуждение и результат

В результате проведенного исследования составлен аннотированный список ДРКР флоры Приморского края, который включает 442 вида сосудистых растений из 120 родов и 37 семейств. Доля ДРКР составляет около 16,1% от всей флоры края. По количеству видов ДРКР преобладают семейства Poaceae (136 видов, или 31% от общего числа видов ДРКР), Fabaceae (52 вида, или 12%), Rosaceae (37 видов, 8%). В родовом спектре самым многочисленным является род *Poa* – 26 видов; за ним следуют род *Allium* – 19 видов; роды *Vicia* и *Ribes* (по 16).

В результате анализа ареалов видов ДРКР Приморского края оказалось, что на территории Япономорского сектора Приморского края (принадлежит бассейну Японского моря) произрастают 418 видов (94,6% от общего числа видов ДРКР), а на территории Амурского (принадлежит бассейну р. Амур) – 368 (83,3%), что соответствует общей тенденции повышенного богатства и своеобразия флоры сосудистых растений Япономорского сектора.

Аборигенные виды ДРКР составляют 57,5% (254 вида) от общего числа ДРКР Приморского края, что ниже доли местных видов в составе всей флоры Приморского края (76,7%, или 2106 видов).

К 1 рангу нами отнесено 117 видов, что составляет довольно значительную часть (26,5%) от общего числа видов ДРКР. Ко 2 рангу принадлежит 12 видов, к 3 рангу – 36, к 4 рангу – 92 вида (2,7%, 8,1% и 20,8% соответственно). Наибольшее число видов насчитывает 5 группа видов (185 видов; 42%). К этой группе отнесены виды, относительно которых на сегодняшний день отсутствует информация по использованию. Наибольшую хозяйственную ценность представляют собой виды 1 и 2 ранга, а именно 129 видов, которые являются приоритетными к сохранению на территории Приморского края. Также, в соответствии с методикой (Smekalova et al., 2002), к числу приоритетных к сохранению относятся виды ДРКР, включенные в Красные книги 17 видов (табл.), из которых 3 вида относятся к 1 и 2 рангам хозяйственной ценности и входят в состав первого списка.

Таким образом, 143 вида могут быть рекомендованы нами к приоритетному сохранению в Приморском крае.

Таблица. Виды ДРКР Приморского края, включенные в Красные книги
Table. CWR species in the Primorsky Region of Russia included in the Red Data Books

Виды и их ранг хозяйственной ценности; Species and their rank of economic value	ККРФ (2008); категория и статус The status in the Red book of Russia (2008)	Красная книга Приморского края (2008); статус The status in the Red book of Primorsky Region (2008)
<i>Armeniaca mandshurica</i> (Maxim.) Skvortz. [I]	3 г	VU
<i>Armeniaca sibirica</i> (L.) Lam. [II]	–	EN
<i>Bergenia pacifica</i> Kom. [IV]	–	VU
<i>Hypericum laxum</i> (Blume) Koidz. [V]	–	EN
<i>Lespedeza cytobotrya</i> Miq. [V]	3 г	VU
<i>Lespedeza davurica</i> (Laxm.) Schindl. [V]	–	VU
<i>Lespedeza tomentosa</i> (Thunb.) Maxim. [V]	3 г	VU
<i>Lonicera monantha</i> Nakai [V]	–	EX
<i>Papaver anomalum</i> Fedde [V]	–	VU
<i>Prinsepia sinensis</i> (Oliv.) Bean [I]	2 а	LR
<i>Rheum compactum</i> L. [III]	–	EN
<i>Ribes ussuriense</i> Jancz. [III]	–	CR
<i>Solanum megacarpum</i> Koidz. [V]	–	VU
<i>Thymus chankoanus</i> Klok. [V]	–	VU
<i>Thymus przewalskii</i> (Kom.) Nakai [V]	–	EN
<i>Thymus ternejicus</i> Probat. [V]	–	EN
<i>Vicia ohwiana</i> Hosokawa [V]	–	VU

Armeniaca mandshurica – Абрикос маньчжурский (Сем. Rosaceae) – единственный из списка видов внесен в Красную Книгу Международного союза охраны природы (IUCN, 2017). В естественных условиях встречается в Северо-Восточном Китае и на севере полуострова Корея, в южных районах Приморского края от озера Ханка до Владивостока (преимущественно на сухих склонах сопок). В культуре с 1900 года. Светолюбив, к почве нетребователен, зимостоек, засухоустойчив (ксерофит). Легко размножается семенами и летними черенками. Растение используется для создания живых изгородей (по периметру территорий, в лесополосах). Пищевое (плодовое). Плоды используются местным населением для изготовления цукатов, пастилы, варенья, начинок для конфет. Ценный исходный материал для получения выносливых морозостойких подвоев для культурного абрикоса. Этот вид представляет интерес для селекционных работ в целях выведения хозяйственно ценных сортов. Является одним из родителей сортов, созданных И. В. Мичуриным, выносливых в условиях зим средней полосы России. Может быть использован для гибридизации с наиболее устойчивыми к морозам сортами сливы (Chukhina, 2008).

Из двух путей сохранения (*ex situ* и *in situ*) лучшим считается сохранение видов в составе природных растительных сообществ, причем наиболее удобным и целесообразным такое сохранение осуществлять в пределах уже созданных особо охраняемых природных территорий (Smekalova et al., 2002). В связи с этим, особого внимания в вопросах сохранения ДРКР Приморья заслуживают государственные природные заповедники, в которых в общей сложности произрастает 1854 вида, что составляет 69,1% от всей природной флоры края, в том числе 1637 аборигенных и 217 адвентивных (Kozhevnikov, Kozhevnikova, 2012). Из шести государственных

природных заповедников Приморья пять находятся (полностью или частично) в Япономорском секторе – Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник им. К. Г. Абрамова (частично), Лазовский государственный природный заповедник им. Л. Г. Капланова, Уссурийский государственный природный заповедник им. В. Л. Комарова (частично), Дальневосточный морской биосферный заповедник ДВО РАН и государственный природный биосферный заповедник «Кедровая Падь». И только один из них – Ханкайский государственный природный заповедник – полностью находится в бассейне р. Амур.

На территории Сихотэ-Алинского заповедника находятся природные комплексы прибрежных травянистых и кустарниковых сообществ, дубовых лесов с маньчжурскими видами (0–300 м), кедрово-широколиственных (200–500 м), кедрово-еловых (400–700 м), пихтово-еловых (700–1100 м), высокогорных пихтово-еловых и каменноберезовых лесов, и высокогорных лугов (1100–1500 м), зарослей кедрового стланика (1200–1300 м), горных тундр (Protected Areas..., 2018). Здесь произрастает 1094 вида сосудистых растений, из них 34 узкоэндемичных (Pimenova, 2016). В результате исследования установлено, что на территории Сихотэ-Алинского заповедника произрастает 143 вида ДРКР (13,1% от всей флоры заповедника) из 62 родов и 31 семейства, в т. ч. краснокнижный вид *Bergenia pacifica*; 19 видов ДРКР – адвентивные.

Основными объектами охраны на территории Лазовского заповедника являются южный отрог (хр. Заповедный) Сихотэ-Алиня, междуречье рек Киевка и Черная, побережье Японского моря; здесь расположены природные комплексы кедрово-широколиственных лесов маньчжурского типа, пихтово-еловых лесов, подгольцовых редколесий из березы шерстистой; флористически богатые долинные леса (ильм долинный, ясень маньчжурский, орех маньчжурский, клен мелколистный, бархат амурский и др.) (Protected Areas..., 2018). Установлено, что на территории Лазовского заповедника, флора которого насчитывает 1212 видов сосудистых растений (Protected Areas..., 2018), произрастает 119 видов ДРКР (или 11,8 % от всей флоры заповедника) из 68 родов и 26 семейств. Из них три краснокнижных вида *Bergenia pacifica*, *Prinsepia sinensis*, *Armeniaca mandshurica*. К адвентивным отнесены 40 видов ДРКР заповедника.

Основная задача создания Уссурийского заповедника – охрана малонарушенных горно-лесных экосистем западного макросклона Сихотэ-Алиня, их флоры и фауны, во многом относящихся к Маньчжурскому комплексу, с высоким уровнем эндемизма (Protected Areas..., 2018). Во флоре Уссурийского заповедника насчитывается 860 видов сосудистых растений (23 внесены в Красную книгу РФ) (Bezdeleva, Fedina, 2006), из них, по нашим данным, 151 вид (или 17,6% всей флоры заповедника), из 69 родов и 28 семейств относится к ДРКР. Два вида флоры Уссурийского заповедника (*Prinsepia sinensis*, *Armeniaca mandshurica*) внесены в Красные книги (табл.), 27 видов – адвентивные.

Дальневосточный морской заповедник занимает часть акватории залива Петра Великого Японского моря, 12 небольших островов, а также участок материкового побережья. Здесь охраняются морские и островные экосистемы залива Петра Великого. На островах – широколиственные леса (коренные чернопихтово-широколиственные, дубовые и липовые), разнотравно-злаковые луга, группировки крупнотравья и редкие сообщества из *Lilium cernuum* Kom., *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold & Zucc.) Planch. Во флоре Дальневосточного морского заповедника насчитывается 928 видов сосудистых растений (Protected Areas..., 2018), в том числе 51 – редкий (*Taxus cuspidata* Siebold et Zucc., *Pinus densiflora* Siebold et Zucc., *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold et Zucc.) Planch. и др.). К числу ДРКР относится 67 видов (7,2% от общего числа видов заповедника) из 40 родов

из 18 семейств. Ни один вид ДРКР заповедника не включен в Красные книги, 8 видов – адвентивные.

На территории заповедника «Кедровая Падь» произрастает 918 видов сосудистых растений, что составляет 35,4% флоры Приморского края (Kozhevnikov, 2006). В заповеднике представлено 63,6% флоры юго-западной части Приморского края, где проходят северные пределы распространения многих теплоумеренных и субтропических видов сосудистых растений (Kozhevnikov, 2006). ДРКР заповедника «Кедровая Падь» представлены 128 видами (или 13,9% от всей флоры заповедника), из 60 родов и 25 семейств, из них адвентивных – 17 видов. Два вида ДРКР флоры заповедника (*Lespedeza tomentosa*, *Vicia ohwiana*) внесены в Красные книги (табл.).

Для охраны природных комплексов Приханкайской низменности был создан Ханкайский заповедник. Во флоре заповедника и его охранной зоны насчитывается 713 видов сосудистых растений (21). ДРКР заповедника представлены 59 видами (8,3% от всей флоры заповедника), из 40 родов и 18 семейств, из них адвентивных – 14. Один вид из флоры Ханкайского заповедника – *Armeniaca mandshurica* – краснокнижный.

Заключение

Проведенные исследования показали, что на территории Приморского края произрастает 442 вида ДРКР из 120 родов и 37 семейств. Доля ДРКР составляет около 16% от всей флоры края. Наибольшее количество видов и родов ДРКР относится к семействам Роасеае (136 видов), Fabaceae (52 вида), Rosaceae (37 видов). Наибольшее видовое богатство ДРКР представлено на территории Япономорского сектора Приморского края (418 видов). 143 вида ДРКР Приморского края предложены нами для первоочередного сохранения *in situ*.

Доля адвентивного компонента среди ДРКР Приморского края (42,5%) имеет более высокое значение по сравнению с общими данными по флоре (23,3%). В заповедниках состав адвентивных видов заметно уменьшается, что связано с охраняемым режимом этих территорий. Самая низкая доля заносных видов среди ДРКР выявлена в Дальневосточном морском, Сихотэ-Алинском заповедниках и заповеднике «Кедровая Падь» (11,9%, 13,2% и 13,3%). Самая высокая доля адвентивных видов ДРКР – в Лазовском заповеднике (33,6%), в Ханкайском и Уссурийском – средние показатели (23,7% и 17,9%).

Для эффективного сохранения *in situ* ДРКР исследованной территории мы рекомендуем использовать особо охраняемые природные территории, в частности, заповедники. Наибольшее видовое богатство ДРКР наблюдается в Уссурийском и Сихотэ-Алинском заповедниках Приморского края (151 и 143 вида соответственно); в заповедниках «Кедровая Падь» и Лазовском (128 и 119 видов). Относительно немногочисленны ДРКР в Дальневосточном морском и Ханкайском заповедниках (67 и 59).

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР № 0662-2018-0011 «Разработка и внедрение системы мониторинга родового, видового и внутривидового разнообразия культурных растений и их диких родичей, сохраняемых в условиях ex situ и произрастающих на территории РФ, в том числе мониторинга коллекций на загрязнение ГМО», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710371-7.

References/Литература

- Bezdeleva T. A., Fedina L. A. Vascular plants (Sosudistyye rasteniya) // In : Flora, rastitel'nost' i mikrobiota zapovednika «Ussuriyskiy» (Flora, vegetation and mycobiota of the Ussuriysky reserve). Vladivostok: Dal'nauka, 2006. pp. 79–134 [in Russian] (Безделева Т. А., Федина Л. А. Сосудистые растения // В кн : Флора, растительность и микобиота заповедника «Уссурийский». Владивосток : Дальнаука, 2006. С. 79–134).
- Chukhina I. G. (N. I. Vavilov Institute, St. Petersburg, Russia). 2008. *Armeniaca mandshurica*. In A. N. Afonin et al. (eds.). Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds [Online]. Available at: [http://www.agroatlas.ru/en/content/related/ Armeniaca mandshurica /](http://www.agroatlas.ru/en/content/related/Armeniaca_mandshurica/) [in Russian] (Чухина И. Г. (Всероссийский институт растениеводства, Санкт-Петербург, Россия). *Rheum compactum*. В: Афонин А. Н.; и др. (ред.) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [Интернет-версия 2.0]. 2008, http://www.agroatlas.ru/ru/content/related/Rheum_compactum/)
- Flora of the Primorsky Region: Textbook (Flora Primorskogo kraya: Uchebnoye posobiye) / O. V. Khrapko, M. V. Kasintseva, N. I. Denisov, V. A. Kalinkin et al. Ussuriysk : Publishing House of the Far East Federal University (the Ussuriisk branch), 2012, 140 p. [in Russian] (Флора Приморского края: Учебное пособие/ О. В. Храпко, М. В. Касинцева, Н. И. Денисов, В. А. Калинкина и др. Уссурийск : Изд-во Дальневосточного федерального университета (филиал в г. Уссурийске), 2012. 140 с.).
- Gvozdetskiy N. A. Physical Geography of the USSR (Asian part) / Ed. N. A. Gvozdetskiy, N. I. Mikhailov. Moscow : Publishing House of Geographical Literature, 1963, 572 p. [in Russian] (Гвоздецкий Н. А. Физическая география СССР (Азиатская часть) / Н. А. Гвоздецкий, Н. И. Михайлов. М. : Изд-во Географической литературы, 1963. 572 с.).
- IUCN 2017. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3*. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 05 December 2017.
- Kharkevich S. S. (Ed.). Vascular plants of the Soviet Far East / Ed. S. S. Kharkevich. Leningrad : Nauka, 1985 – 1996. Vol. 1–8. [in Russian] (Харкевич С. С. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. / Отв. ред. С. С. Харкевич. Л. : Наука, 1985. Т. 1. 399 с.; 1987. Т. 2. 466 с.; 1988. Т. 3. 421 с.; 1989. Т. 4. 380 с.; СПб. : Наука, 1991. Т. 5. 390 с.; 1992. Т. 6. 428 с.; 1995. Т. 7. 395 с.; 1996. Т. 8. 383 с.).
- Kozhevnikov A. E. Modern problems of conservation of rare and needing species of vascular plants in the Primorsky Region (Sovremennyye problemy sokhraneniya redkikh i nuzhdayushchikhsya v okhrane vidov sosudistyx rasteniy v Primorskom kraye) // “Nature without borders”: Materials of I International ecological forum. Part I. Vladivostok, June 7-9, 2006. Vladivostok : Publishing House of the Far East University, 2006, pp. 179–184 [in Russian] (Кожевников А. Е. Современные проблемы сохранения редких и нуждающихся в охране видов сосудистых растений в Приморском крае // Природа без границ: Материалы I Международ. эколог. форума. Часть I. Владивосток, 7–9 июня, 2006. Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2006. С. 179–184).
- Kozhevnikov A. E., Kozhevnikova Z. V. Taxonomic composition and features of the flora of the state nature reserves of the Primorye Region (Taksonomicheskiy sostav i osobennosti flory gosudarstvennykh prirodnykh zapovednikov Primorskogo kraya). // Komarovskiye chteniya (Komarov readings). Vladivostok : Dal'nauka, 2012, iss. 59, pp. 76–126 [in Russian] (Кожевников А. Е., Кожевникова З. В. Таксономический состав и особенности флоры государственных природных заповедников Приморского края // Комаровские чтения. Владивосток : Дальнаука, 2012. Вып. 59. С. 76–126.).
- Kozhevnikov A. E., Kozhevnikova Z. V. The taxonomic composition and features of the natural flora of Primorsky Region (Taksonomicheskiy sostav i osobennosti prirodnoy flory Primorskogo kraya) // Komarovskiye chteniya (Komarov readings). Vladivostok: Dal'nauka, 2014. vol. 62, pp. 7–62 [in Russian] (Кожевников А. Е., Кожевникова З. В. Таксономический состав и особенности природной флоры Приморского края // Комаровские чтения. Владивосток : Дальнаука, 2014. Вып. 62. С. 7–62).
- Kozhevnikov A. E., Probatova N. S. (Ed.). Flora of the Russian Far East: Additions and changes to the edition "Vascular plants of the Soviet Far East" / Eds. A. E. Kozhevnikov, N. S. Probatova. Vol. 1–8 (1985–1996). Vladivostok : Dal'nauka, 2006. 456 p. [in Russian] (Кожевников А. Е., Пробатова Н. С. Флора российского Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока», тт. 1–8 (1985–1996 гг.) / Отв. ред. А. Е. Кожевников и Н. С. Пробатова. Владивосток : Дальнаука, 2006. 456 с.).
- Kurina A. B., Kornukhin D. L., Chebukin P. A. Exploration and collecting of wild lactuca l. species, vegetable and cucurbit crop genetic resources in Primorsky and Khabarovsk Regions of the Russian Federation in 2017 // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2018 vol. 179, iss. 1,

- pp. 14–22. [in Russian] (Курина А. Б., Корнюхин Д. Л., Чебукин П. А. Экспедиционное обследование территории Приморского и Хабаровского краев РФ в целях мобилизации диких видов рода *Lactuca* L., овощных и бахчевых культур в 2017 году // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 179, вып. 1. 2018. С. 13–22).
- Maxted N., Ford-Lloyd B. V., Hawkes J. G. Complementary Conservation Strategies. In: Plant genetic conservation: the in situ approach / eds: N. Maxted, B. V. Ford-Lloyd and J. G. Hawkes). London : Chapman and Hall, 1997b, pp. 20–55.
- Mirkin B. M., Rosenberg G. S. Phytocenology. Principles and methods. (Fitotsenologiya. Printsipy i metody). Moscow : Nauka, 1978, 212 p. [in Russian] (Миркин Б. М., Розенберг Г. С. Фитоценология. Принципы и методы. М. : Наука, 1978, 212 с.).
- Pimenova E. A. (ed.) Vegetation (Rastitel'nost'). Vascular plants (Sosudistyye rasteniya) // In : Rasteniya, griby i lishayniki Sikhote-Alinskogo zapovednika (Plants, fungi and lichens of the Sikhote-Alin Reserve). Vladivostok : Dal'nauka, 2016. pp. 26–35, 172–365 [in Russian] (Пименова Е. А. Сосудистые растения // В кн. : растения, грибы и лишайники Сихотэ-Алинского заповедника / кол. авторов / отв. ред. Е. А. Пименова. Владивосток : Дальнаука, 2016. С. 26–35, 172–365).
- Red Data Book of Primorye Territory: Plants. Rare and endangered species of plants and fungi / Biology and Soil Science FEB RAS. Vladivostok : AVK "Apel'sin", 2008a, 688 p. [in Russian] (Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / Биолого-почвенный институт ДВО РАН. Владивосток : АВК «Апельсин», 2008а. 688 с.).
- Red Data Book of Russia (plants and fungi) / The editorial board of Yu. P. Trutnev, etc.; Comp. R. V. Kamelin et al. Moscow : Association of scientific editions КМК, 2008b, 885 p. [in Russian] (Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. редкол.: Ю. П. Трутнев и др.; сост. Р. В. Камелин и др. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008б. 885 с.).
- Smekalova T. N., Chukhina I. G., Lunova N. N. Main aspects of plant conservation strategy of plant genetic resources in Russia // Proceedings of the First International Scientific-Practical Conference "Problems of botany of South Siberia and Mongolia". Barnaul, 2002. pp. 265–271 [in Russian] (Смекалова Т. Н., Чухина И. Г., Лунёва Н. Н. Основные аспекты стратегии сохранения растительных генресурсов на территории России // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Материалы Первой междунар. науч.-практ. конф. Барнаул, 2002. С. 265–271).
- Smekalova T. N., Chukhina I. G. The catalogue of VIR world collection. Issue 766. Crop wild relatives of Russia / Ed. N. I. Dzjubenko, St. Petersburg : VIR, 2005, 53 p. [in Russian] (Смекалова Т. Н., Чухина И. Г. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 766. Дикие родичи культурных растений России / под. ред. Н. И. Дзюбенко. СПб. : ВИР, 2005. 53 с.).
- Takhtadzhyan A. L. Floristic regions of the Earth (Floristicheskiye oblasti Zemli). Leningrad : Nauka, 1978, 248 p. [in Russian] (Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Л. : Наука, 1978. 248 с.).
- Talovina G. V., Aistova E. V. Inventarization and analyzis of the wild relatives of cultivated plants diversity of the Amur oblast // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2017, vol. 178, iss. 2, pp. 16–24. [in Russian] (Таловина Г. В., Аистова Е. В. Инвентаризация и анализ разнообразия диких родичей культурных растений Амурской области // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 178, вып. 2. С. 16–24).
- Voroshilov V. N. List of vascular plants of the Soviet Far East (Spisok sosudistyxh rasteniy sovetskogo Dal'nego Vostoka) / Floristicheskiye issledovaniya v raznykh rayonakh SSSR // In: Floristic research in different regions of the USSR). Moscow : Nauka, 1985, pp. 139–200 [in Russian] (Ворошилов В. Н. Список сосудистых растений советского Дальнего Востока / Флористические исследования в разных районах СССР. М. : Наука, 1985. С. 139–200).
- IAS "Protected Areas of the Russian Federation" (Site of the Information and Analytical System "Specially Protected Natural Territories of Russia"): oopt.aari.ru. Checked 31 May 2018 <http://oopt.aari.ru/oopt/> [in Russian] (ИАС «ООПТ РФ» (Сайт информационно-аналитической системы «Особо охраняемые природные территории России»): oopt.aari.ru. Проверено 31 мая 2018 <http://oopt.aari.ru/oopt/>).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-49-59

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 581.9 (470.12)

Л. Ю. Шипилина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: l.shipilina@vir.nw.ru

ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Актуальность. Поиск новых источников генов для культурных растений с целью увеличения их продуктивности, скороспелости, устойчивости и далее – актуальная проблема исследований, так как потребность человечества в обеспечении продовольствием в последние годы возросла многократно. Развитие методов биотехнологии и молекулярной биологии позволяют вовлекать дикие родичи культурных растений (ДРКР) в селекционные программы. **Материалы и методы.** Материалом послужили литературные данные по флоре изучаемой области и экспедиционные материалы сотрудников ВИР и автора. **Результаты и выводы.** Проведена ревизия диких видов культурных растений в составе флоры Вологодской области. Выделено 260 видов, относящихся к 106 родам и 22 семействам. Определены наиболее важные для дальнейших исследований флористические районы: Молого-Вологодский, Верхнесухонский, как наиболее богатые по составу ДРКР, что обусловлено сочетанием бореальных, арктических и европейских видов, и Югский район, в котором присутствует большое количество урало-сибирских видов ДРКР. Северные районы имеют обедненный видовой состав, но именно здесь располагаются наиболее ценные клюквенные болота. В Шекснинско-Судском, Вожегодско-Кубенском, Верхнесухонском и Нижнесухонском районах в 57 особо охраняемых природных территориях (ООПТ) различного ранга сохраняются 29 видов ДРКР, внесенных в Красную книгу Вологодской области.

Ключевые слова:

сохранение генетических ресурсов, Красная книга, Вологодская область, ареал

Поступление:

13.09.18

Принято:

19.09.2018

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-49-59

ORIGINAL ARTICLE

L. Yu. Shipilina

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44, Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia, e-mail: l.shipilina@vir.nw.ru

CROP WILD RELATIVES IN VOLOGDA PROVINCE

Background. Searching for new sources of genes for cultivated plants in order to increase their productivity, earliness, resistance, etc. is the vital problem of scientific work, since the need of mankind for food has increased in recent years many times. The development of biotechnological and molecular biological methods makes it possible to involve crop wild relatives (CWR) in breeding programs. **Materials and methods.** The material was the published reference data of the vegetation in the studied area and the expedition materials collected by VIR's staff and the author. **Results and conclusion.** A revision was made on crop wild relatives in the vegetation of Vologda Province: 260 species belonging to 106 genera and 22 families were identified. Floristic areas most important for further research were named: Mologo-Vologdsky, Verkhnesukhonsky, as the richest in CWR composition, which was caused by a combination of Boreal, Arctic and European species, and Yugsky Districts, where a large number of Ural-Siberian species of CWR occur. The northern districts have a poor diversity of species, but it is here that the most valuable cranberry swamps are located. Sheksninsko-Sudsky, Vozhega-Kubensky, Verkhnesukhonsky and Nizhnesukhonsky Districts with their 57 protected areas of different ranks conserve 29 species of CWR listed in the Red Book of Vologda Province.

Key words:

conservation of plant genetic resources, the Red Book of Vologda Province, area of distribution

Received:

13.09.2018

Accepted:

19.09.2018

Введение

Поиск новых источников генов для культурных растений с целью увеличения их продуктивности, скороспелости, устойчивости и далее – актуальная проблема исследований так как потребность человечества в обеспечении продовольствием в последние годы возросла многократно. Развитие методов биотехнологии и молекулярной биологии позволяют вовлекать дикие родичи культурных растений в селекционные программы. Разнообразие генетических растительных ресурсов оказывает комплексное влияние на развитие селекции «цепь влияний», которое может быть прямым, когда дикий генотип дает начало новому сорту, и опосредованным – через другие сорта или теоретические разработки на основе генетических растительных ресурсов (Merezhko, 2001).

Цель нашей работы – изучение состава диких родичей культурных растений на территории Вологодской области.

Определения и термины

Дикие родичи культурных растений (ДРКР) – виды природной флоры, эволюционно-генетически близкие к культурным растениям, входящие с ними в один род, введенные в культуру напрямую (окультуренные) или участвовавшие в формировании культурных растений путем использования в скрещиваниях (намеренно либо спонтанно), а также потенциально пригодные для создания или улучшения сортов культурных растений (Chukhina, 2007; Smekalova, Chukhina 2007; Smekalova, Chukhina 2011).

Красная книга – аннотированный список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов.

Федеральная КК – Красная книга Российской Федерации.

Региональная КК – Красная книга Вологодской области.

ООПТ – особо охраняемые природные территории

Материалы и методы

Вологодская область располагается на северо-востоке европейской части России и является одной из крупнейших областей. Преобладающий рельеф равнинный, но местами волнистый, холмистый или плоский, изрезанный реками, с большим количеством озер. Почвенный покров однороден, под лесами широко распространенные на северо-западе России подзолистые почвы, под лугами и пашнями – дерново-подзолистые. Климат региона умеренно-континентальный. Средние зимние температуры около -15°C , летние $+16... 18^{\circ}\text{C}$. Область богата водными ресурсами, имеются крупные реки Сухона, Молога, Шексна, Суда. Также здесь насчитывается около 4000 озер.

Растительность характерна для средней и южной тайги. Самый распространенный тип растительности – еловые леса. Ель европейская и ель сибирская, сосна обыкновенная в регионе являются лесообразующими породами. Леса в Вологодской области занимают около 75% всех земель. Широко распространены вторичные леса, представленные березами бородавчатой и пушистой, осиной. На более плодородных почвах встречаются широколиственные породы деревьев – дуб, липа, вяз, лещина и ясень, которые чаще всего обитают в подлеске, реже в первом и втором древесном ярусе. Ареалы обитающих здесь видов растений относятся к различным типам:

циркумбореальные, субциркумбореальные, европейские, евразийские, евразийско-кавказские, евроазиатско-американские, евразийско-африканские, евразийско-американо-африкано-австралийские. Охраняемые территории представлены в национальном парке «Русский север» и Дарвинском заповеднике, а также 198 различного ранга ООПТ.

Флора Вологодской области неоднократно исследовалась ботаниками, но генофонд культурных растений и их диких родичей изучен недостаточно.

Крупными флористическими работами Вологодской области являются «Конспект флоры Вологодской области» (Orlova, 1993), «Определитель высших растений Вологодской области» (Orlova, 1997) и «Красная книга Вологодской области» (2004).

Всего в России произрастает 1644 аборигенных вида ДРКР из 115 родов и 47 семейств (Smekalova, Chukhina, 2007). На территории Европейской части России произрастает 674 аборигенных вида ДРКР из 167 родов и 33 семейств (Smekalova, Chukhina, 2011). На территории северо-востока обитает 592 вида ДРКР из 50 семейств, из которых аборигенных – 333 и адвентивных – 259 видов (Zhuk, et al. 2011). На территории северо-запада обитает 371 вид из 121 рода и 30 семейств (Shipilina, Zhuk, 2016).

В основу данной статьи положены флористические работы (Orlova, 1993, 1997; Bobrov, 2013), «Красная книга Вологодской области» (Red Book..., 2004), гербарные материалы (WIR, LE), экспедиционные материалы сотрудников ВИР и автора.

Результаты и обсуждение

Всего во флоре Вологодской области насчитывалось 103 семейства, 461 род и 1093 вида (Orlova, 1993), но уже в 2004 году список насчитывает 1450 видов (включая культивары, адвентивные, апомиктные и нотовиды). В последнее время появляются дополнения к флоре Вологодской области, где количество видов увеличивается и места обитания уточняются (Bobrov, 2013).

Видовой состав диких родичей культурных растений Вологодской области Species composition of wild relatives of cultivated plants of the Vologda region

Alliaceae J. Agardh

1. *Allium angulosum* L. – Лук угловатый
2. *Allium oleraceum* L. – Лук огородный
3. *Allium schoenoprasum* L. – Лук скорода

Amaranthaceae Juss

4. *Amaranthus blitoides* S. Wats. – Щирица жминдовидная
5. *Amaranthus retroflexus* L. – Щирица запрокинутая

Apiaceae Lindl.

6. *Angelica archangelica* L. – Дягиль лекарственный
7. *Angelica sylvestris* L. – Дудник лесной
8. *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm. – Купырь лесной
9. *Apium graveolens* L. – Сельдерей пахучий
10. *Carum carvi* L. – Тмин обыкновенный

11. *Daucus carota* L. – Морковь дикая.
12. *Heracleum sibiricum* L. – Борщевик сибирский
13. *Oenanthe aquatica* (L.) Poir. – Омежник водяной
14. *Pastinaca sylvestris* Mill. – Пастернак лесной
15. *Pimpinella saxifrage* L. – Бедренец камнеломковый

Asteraceae Dumort.

16. *Arctium lappa* L. – Лопух большой
17. *Arctium minus* (Hill) Bernh. – Лопух малый
18. *Arctium nemorosum* Lej. – Лопух дубравный
19. *Arctium tomentosum* Mill. – Лопух паутинистый
20. *Artemisia abrotanum* L. – Полынь лечебная

21. *Artemisia absinthium* L. – Полынь горькая
22. *Artemisia scoparia* Waldst. & Kit. – Полынь веничная
23. *Artemisia vulgaris* L. – Полынь обыкновенная
24. *Cichorium intybus* L. – Цикорий обыкновенный
25. *Lactuca serriola* L. – Латук компасный
26. *Lactuca sibirica* (L.) Maxim. – Латук сибирский
27. *Lactuca tatarica* (L.) С.А.Мей. – Латук татарский, молокан
28. *Scorzonera austriaca* Willd. – Козелец австрийский
29. *Scorzonera glabra* Rupr. – Козелец голый
30. *Scorzonera humilis* L. – Козелец низкий

Berberidaceae Juss.

31. *Berberis vulgaris* L. – Барбарис обыкновенный

Betulaceae S. F. Gray

32. *Corylus avellana* L. – Лещина обыкновенная, фундук

Boraginaceae Juss.

33. *Borago officinalis* L. – Огуречник лекарственный

Brassicaceae Burnett

34. *Armoracia rusticana* P.G. Gaertn., V. Mey. & Scherb. – Хрен деревенский, обыкновенный, дикий
35. *Brassica campestris* L. – Капуста полевая, сурепка, сурепица яровая
36. *Bunias orientalis* L. – Свербига восточная
37. *Camelina alyssum* (Mill.) Thell. – Рыжик льняной
38. *Camelina microcarpa* Andrz. – Рыжик мелкоплодный
39. *Camelina pilosa* (DC.) N. Zing. – Рыжик волосистый
40. *Camelina sativa* (L.) Crantz – Рыжик посевной
41. *Isatis costata* С.А.Мей. – Вайда ребристая
42. *Lepidium latifolium* L. – Клоповник широколистный
43. *Lepidium ruderales* L. – Клоповник мусорный
44. *Raphanus raphanistrum* L. – Редька дикая
45. *Sinapis alba* L. – Горчица белая
46. *Sinapis arvensis* L. – Горчица полевая
47. *Sisymbrium loeselii* L. – Гулявник Лезеля
48. *Sisymbrium altissimum* L. – Гулявник высокий

49. *Sisymbrium officinale* (L.) Scop. – Гулявник лекарственный
50. *Sisymbrium loeselii* L. – Гулявник Лезеля

Cannabaceae Martynov

51. *Cannabis sativa* L. – Конопля посевная
52. *Humulus lupulus* L. – Хмель обыкновенный

Caprifoliaceae Juss.

53. *Lonicera pallasii* Ledeb. – Жимолость Палласа
54. *Lonicera tatarica* L. – Жимолость татарская
55. *Lonicera* × *subarctica* Pojark. – Жимолость субарктическая
56. *Lonicera xylosteum* L. – Жимолость обыкновенная

Caryophyllaceae Juss.

57. *Gypsophila fastigiata* L. – Качим пучковатый
58. *Gypsophila paniculata* L. – Качим метельчатый
59. *Saponaria officinalis* L. – Мыльнянка лекарственная
60. *Chenopodium album* L. – Марь белая
61. *Chenopodium foliosum* Asschers. – Марь многолистная
62. *Chenopodium glaucum* L. – Марь сизая
63. *Chenopodium hybridum* L. – Марь ненастоящая, марь гибридная.
64. *Chenopodium polyspermum* L. – Марь многосемянная
65. *Chenopodium rubrum* L. – Марь красная
66. *Salsola astralis* R.Br. – Солянка южная

Elaeagnaceae Juss.

67. *Hippophae rhamnoides* L. – Облепиха крушиновидная

Ericaceae Juss.

68. *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. – Клюква мелкоплодная
69. *Oxycoccus palustris* Pers. – Клюква болотная
70. *Vaccinium myrtillus* L. – Черника обыкновенная
71. *Vaccinium uliginosum* L. – Голубика обыкновенная
72. *Vaccinium vitis-idaea* L. – Брусника обыкновенная

Fabaceae Lindl.

73. *Anthyllis arenaria* (Rupr.) Juz. – Язвенник песчаный
74. *Anthyllis macrocephala* Wend. – Язвенник крупноголовчатый
75. *Anthyllis vulneraria* L. – Язвенник ранозавляющий

76. *Astragalus arenarius* L. – Астрагал песчаный
 77. *Astragalus danicus* Retz. – Астрагал датский
 78. *Astragalus sulcatus* L. – Астрагал бороздчатый
 79. *Astragalus cicer* L. – Астрагал нутный
 80. *Hedysarum alpinum* L. – Копеечник альпийский
 81. *Lathyrus maritimus* (L.) P.W. Ball. – Чина приморская
 82. *Lathyrus palustris* L. – Чина болотная
 83. *Lathyrus pilosus* Cham. – Чина волосистая
 84. *Lathyrus pisiformis* L. – Чина гороховидная
 85. *Lathyrus pratensis* L. – Чина луговая
 86. *Lathyrus sylvestris* L. – Чина лесная
 87. *Lathyrus tuberosus* L. – Чина клубненосная
 88. *Lathyrus vernus* (L.) Bernh. – Чина весенняя, Сочевичник весенний
 89. *Lotus corniculatus* L. – Лядвенец рогатый
 90. *Lotus peczoricus* Min. et Ulle – Лядвенец печерский
 91. *Lotus dvinensis* Min. et Ulle – Лядвенец северодвинский
 92. *Lotus komarovii* Min. et Ulle – Лядвенец Комарова
 93. *Lotus zhegulensis* Klok. – Лядвенец жигулевский
 94. *Medicago falcata* L. – Люцерна серповидная, желтая
 95. *Medicago lupulina* L. – Люцерна хмелевидная
 96. *Medicago sativa* L. – Люцерна посевная
 97. *Melilotus albus* Medik. – Донник белый
 98. *Melilotus officinalis* (L.) Pall. – Донник лекарственный
 99. *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. – Эспарцет песчаный
 100. *Onobrychis viciifolia* Scop. – Эспарцет виколистный
 101. *Pisum arvense* L. – Горох полевой
 102. *Trifolium arvense* L. – Клевер пашенный
 103. *Trifolium aureum* Poll. – Клевер золотистый
 104. *Trifolium fragiferum* L. – Клевер земляничный
 105. *Trifolium hybridum* L. – Клевер гибридный, к. розовый, к. шведский
 106. *Trifolium medium* L. – Клевер средний
 107. *Trifolium montanum* L. – Клевер горный, белоголовка
 108. *Trifolium pratense* L. – Клевер луговой, к. красный
 109. *Trifolium repens* L. – Клевер ползучий, к. белый
 110. *Trifolium sativum* (Schreb.) Crome – Клевер посевной
 111. *Trifolium spadiceum* L. – клевер каштановый
 112. *Vicia angustifolia* Reichard – Горошек узколистный
 113. *Vicia cracca* L. – Горошек мышиный
 114. *Vicia hirsuta* (L.) S. F. Gray – Горошек шершавый
 115. *Vicia sepium* L. – Горошек заборный
 116. *Vicia sylvatica* L. – Горошек лесной
 117. *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb. – Горошек четырехсемянный
 118. *Vicia villosa* Roth – Горошек мохнатый
- Grossulariaceae DC.**
119. *Grossularia reclinata* (L.) Mill. – Крыжовник отклоненный
 120. *Ribes nigrum* L. – Смородина черная
 121. *Ribes spicatum* Robson – Смородина колосистая
 122. *Hypericum maculatum* Crantz – Зверобой пятнистый
 123. *Hypericum perforatum* L. – Зверобой продырявленный, з. обыкновенный
- Lamiaceae Lindl.**
124. *Dracocephalum ruyschiana* L. – Змееголовник Руйша
 125. *Dracocephalum thymiflorum* L. – Змееголовник тимьяноцветный
 126. *Mentha arvensis* L. – Мята полевая
 127. *Mentha longifolia* (L.) Huds. – Мята длиннолистная
 128. *Origanum vulgare* L. – Душица обыкновенная
 129. *Thymus serpyllum* L. – Тимьян ползучий
 130. *Thymus talijevii* Klokov et Shost. – Тимьян Талиева
 131. *Thymus marschallianus* Willd. – Тимьян Маршалла
 132. *Thymus ovatus* Mill. – Тимьян яйцевидный
- Linaceae DC. ex S. F. Gray**
133. *Linum catharticum* L. – Лен слабительный
 134. *Linum usitatissimum* L. – Лен обыкновенный, долгунец
- Malvaceae Juss.**
135. *Lavatera thuringiaca* L. – Хатьма тюрингенская, Собачья роза
- Onagraceae Juss.**
136. *Oenothera biennis* L. – Ослиник двулетний
 137. *Oenothera rubicaulis* Klebahn – Ослиник красностебельный
- Papaveraceae Juss.**
138. *Papaver somniferum* L. – Мак снотворный

139. *Papaver rhoeas* L. – Мак самосейка
- Poaceae Barnhart**
140. *Glyceria lithuanica* (Gorski) Gorski – манник литовский
141. *Glyceria notate* Cheval. – Манник отмеченный
142. *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. – Житняк гребневидный
143. *Agrostis borealis* C.Hartm. – Полевица северная
144. *Agrostis canina* L. – Полевица собачья.
145. *Agrostis clavata* Trin. – Полевица булавовидная
146. *Agrostis gigantea* Roth – Полевица гигантская.
147. *Agrostis mertensii* Trin. – Полевица Мертенза
148. *Agrostis stolonifera* L. – Полевица побегообразующая
149. *Agrostis tenuis* Sibth. – Полевица тонкая.
150. *Alopecurus aequalis* Sobol. – Лисохвост равный
151. *Alopecurus arundinaceus* Poir. – Лисохвост тростниковый, тростниковидный
152. *Alopecurus geniculatus* L. – Лисохвост коленчатый
153. *Alopecurus pratensis* L. – Лисохвост луговой
154. *Arrhenatherum elatius* (L.) C.Presl – Райграс высокий, французский
155. *Avena fatua* L. – Овес пустой, овсюг
156. *Avena strigosa* Schreb. – Овес щетинистый
157. *Avena sativa* L. – Овес посевной
158. *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub – Кострец безостый
159. *Bromus arvensis* L. – Костер полевой
160. *Bromus mollis* L. – Костер мягкий
161. *Bromus secalinus* L. – Костер ржаной
162. *Dactylis glomerata* L. – Ежа сборная
163. *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. – Ежовник обыкновенный, куриное просо
164. *Elymus caninus* (L.) L. – Пырейник собачий
165. *Elymus fibrosus* (Schrenk) Tzvel. – Пырейник волокнистый
166. *Elytrigia repens* (L.) Nevski – Пырей ползучий
167. *Festuca arenaria* Osbeck – Овсяница песчаная
168. *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv. – Овсяница Беккера
169. *Festuca gigantea* (L.) Vill. – Овсяница гигантская.
170. *Festuca macutrensis* Zapal. – Овсяница макутринская
171. *Festuca ovina* L. – Овсяница овечья.
172. *Festuca pratensis* Huds. – овсяница луговая
173. *Festuca rubra* L. – Овсяница красная.
174. *Glyceria fluitans* (L.) R. Br. – Манник плавающий
175. *Glyceria lithuanica* (Gorski) Gorski – Манник литовский
176. *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. – манник большой
177. *Glyceria notata* Cheval. – Манник замеченный
178. *Hierochloe odorata* (L.) Beauv. – Зубровка душистая
179. *Hordeum distichon* L. – Ячмень двурядный
180. *Hordeum vulgare* L. – Ячмень обыкновенный
181. *Leymus arenarius* (L.) Hochst. – колосняк песчаный, волоснец
182. *Lolium perenne* L. – Плевел многолетний, Райграс пастбищный, английский
183. *Lolium remotum* Schrank – плевел расставленный, льняной
184. *Lolium temulentum* L. – Плевел опьяняющий
185. *Molinia caerulea* (L.) Moench – Молиния голубая
186. *Panicum miliaceum* L. – Просо посевное
187. *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch. – Двуклосточник тростниковый
188. *Phleum phleoides* (L.) Karst – тимофеевка степная
189. *Phleum pratense* L. – Тимофеевка луговая
190. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – Тростник южный
191. *Poa alpina* L. – Мятлик альпийский
192. *Poa angustifolia* L. – Мятлик узколистый
193. *Poa annua* L. – Мятлик однолетний
194. *Poa chaixii* Vill. – Мятлик Шэ
195. *Poa compressa* L. – Мятлик сплюснутый, сплюснутостебельный
196. *Poa nemoralis* L. – Мятлик лесной, дубравный, боровой
197. *Poa palustris* L. – Мятлик болотный
198. *Poa pratensis* L. – Мятлик луговой
199. *Poa remota* Forsell. – Мятлик расставленный
200. *Poa trivialis* L. – Мятлик обыкновенный
201. *Secale cereale* L. – Рожь посевная
202. *Setaria pumila* (Poir.) Schult. – Щетинник низкий
203. *Setaria viridis* (L.) Beauv. – Щетинник зеленый
204. *Trisetum flavescens* (L.) Beauv. – Трищетинник желтоватый
205. *Trisetum sibiricum* Rupr. – Трищетинник сибирский

206. *Triticum aestivum* L. – Пшеница мягкая
 207. *Zizania aquatica* L. – Цицания водная
 208. *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf. – Цицания широколистная

Polygonaceae Juss.

209. *Fagopyrum esculentum* Moench – Гречиха посевная
 210. *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. – Гречиха татарская, дикуша
 211. *Persicaria hydropiper* (L.) Spach – Горец перечный
 212. *Polygonum aviculare* L. – Горец птичий, спорыш
 213. *Polygonum amphibium* L. – Горец земноводный
 214. *Polygonum viviparum* L. – Горец живородящий
 215. *Polygonum bistorta* L. – Горец змеиный
 216. *Polygonum mite* Schrank. – Горец мягкий
 217. *Polygonum lapathifolium* L. – Горец щавелелистный
 218. *Polygonum persicaria* L. – Горец почечуйный
 219. *Polygonum minus* Huds. – Горец малый
 220. *Polygonum foliosum* Lindb. – Горец многолистный
 221. *Polygonum aviculare* L. – Горец птичий, спорыш
 222. *Rumex acetosa* L. – Щавель кислый
 223. *Rumex acetosella* L. – Щавель воробьиный, щавелек
 224. *Rumex aquaticus* L. – Щавель водный
 225. *Rumex confertus* Willd. – Щавель конский
 226. *Rumex crispus* L. – Щавель курчавый
 227. *Rumex graminifolius* Lamb. – Щавель злаколистный
 228. *Rumex hydrolapatum* Huds – Щавель прибрежный
 229. *Rumex longifolius* DC. – Щавель длиннолистный
 230. *Rumex maritimus* L. – Щавель морской
 231. *Rumex obtusifolius* L. – Щавель туполистный
 232. *Rumex pseudonatronatus* (Vorb.) Vorb. ex Murb. – Щавель ложносолончаковый
 233. *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh. – Щавель пирамидальный

Rosaceae Juss.

234. *Amelanchier spicata* (Lam.) C.Koch – Ирга овальная

235. *Crataegus sanguinea* Pall. – Боярышник кроваво-красный
 236. *Fragaria moschata* (Duch.) Weston – Земляника мускусная
 237. *Fragaria vesca* L. – Земляника лесная
 238. *Fragaria viridis* (Duch.) Weston – Земляника зеленая
 239. *Malus sylvestris* Mill. – Яблоня лесная, дикая
 240. *Padus avium* Mill. – Черемуха обыкновенная
 241. *Rosa acicularis* Lindl. – Шиповник иглистый
 242. *Rosa majalis* Herzm. – Шиповник майский, роза коричная
 243. *Rosa rugosa* Thunb. – Шиповник морщинистый, роза морщинистая
 244. *Rubus arcticus* L. – Княженика обыкновенная, поляника
 245. *Rubus caesius* L. – Ежевика сизая
 246. *Rubus chamaemorus* L. – Морошка приземистая
 247. *Rubus humilifolius* C. A. Mey. – Малина хмелелистная
 248. *Rubus idaeus* L. – Малина обыкновенная
 249. *Rubus nessensis* W. Hall – Ежевика неская, куманика
 250. *Rubus saxatilis* L. – Костяника каменистая
 251. *Sanguisorba officinalis* L. – Крохлебка лекарственная
 252. *Sorbus aucuparia* L. – Рябина обыкновенная

Sambucaceae Batsch ex Borkh.

253. *Sambucus racemose* L. – Бузина кистевидная
 254. *Sambucus nigra* L. – Бузина черная

Solanaceae Juss.

255. *Solanum dulcamara* L. – Паслен сладко-горький
 256. *Solanum nigrum* L. – Паслен черный

Urticaceae

257. *Urtica dioica* L. – Крапива двудомная
 258. *Urtica sondenii* (Simmons) Avrorin ex Geltman – Крапива Сондена
 259. *Urtica urens* L. – Крапива жгучая

Viburnaceae Rafin.

260. *Viburnum opulus* L. – Калина обыкновенная

Мы провели ревизию видов – диких родичей культурных растений – в составе флоры Вологодской области. Выявили 260 видов, относящихся к 106 родам и 22 семействам. Крупные семейства представлены Rosaceae Barnhart (69), Fabaceae Lindl. (46), Polygonaceae Juss. (24), Rosaceae Juss. (18), что составляет более 60 %

от всех ДРКР Вологодской области. Крупнейшие роды: *Rumex* L. (12), *Poa* L. (10), *Polygonum* L. (10), *Trifolium* L. (10), *Lathyrus* L. (8), *Agrostis* L. (7), *Festuca* L. (7), *Rubus* L. (7), *Vicia* L. (7), *Chenopodium* L. (6), *Lotus* L. (5).

Подобная закономерность распределения видов в семействах и родах характерна для северо-запада, северо-востока и европейской части России в целом (Shipilina et al., 2011; Dzyubenko et al., 2013; Shipilina, 2017).

Флористическое районирование, предложенное Н. И. Орловой (Orlova, 1990), позволяет выявить наиболее интересные районы как по видовому составу флоры, так и по составу диких родичей культурных растений (рисунок).

Флора **Вытегорско-Андомского** района имеет черты гипоаркто-бореальной, вследствие присутствия в ней арктического элемента *Rumex graminifolius*, аркто-бореального *Lathyrus pilosus* и гипоарктического *Leymus arenarius*, обитающих на крайне южной границе своего ареала (Orlova, 1990). В тоже время атлантический вид *Lathyrus maritimus* не проникает на северо-восток и восток далее территории данного района.



Рисунок. Флористические районы (приводятся по Орловой, 1990):

1 – Вытегорско-Андомский, 2 – Шекснинско-Судский, 3 – Молого-Вологодский, 4 – Вожегодско-Кубенский, 5 – Верхнесухонский, 6 – Нижнесухонский, 7 – Югский.

Сплошная линия – граница флористических районов

Floristic districts (according to Orlova, 1990): 1 – Vytegorsko-Andomsky, 2 – Sheksninsko-Sudsky, 3 – Mologo-Vologodsky, 4 – Vozhegodsko-Kubensky, 5 – Verkhnesukhonsky, 6 – Nizhnesukhonsky, 7 – Yugsky.

Solid line: the border of a floristic district

Шекснинско-Судский флористический район примыкает на севере к Вытегорско-Андомскому, на западе ограничен пределами области. Особенностью района является сильная заболоченность. Преобладающие болота – верховые, иногда облесенные сосной. Широколиственная флора встречается на склонах возвышенностей и коренных берегов рек, преимущественно на карбонатных почвах. Общий состав флоры носит бореальный характер и имеет малую значимость в широком распространении значительного видового состава ДРКР.

Молого-Вологодский район мало заболочен и большей частью окультурен. В этом районе заметно присутствие неморального элемента. В еловых лесах представлен подрост широколиственных пород деревьев. Особое своеобразие данному району придает смесь неморальных, бореальных и степных травянистых

видов, большинство из которых, приурочены к южной части района, встречаются редко или имеют изолированные единичные местонахождения, и вне пределов района не известны.

Вожегодско-Кубенский район граничит с Вожегодско-Андомским на западе, северная составляет граница области, южная граничит с Шекснинско-Судским и Верхнесухонским районами, восточная с Нижнесухонским флористическим районам. Западная часть района заболочена. Общий состав флоры имеет гипоарктобореальный характер, хотя на востоке имеется примесь сибирских элементов. В данном районе проходит южная граница арктоальпийского вида *Poa alpine*. Несмотря на то, что данный район является приграничным для многих сибирских, гипоарктоальпийских восточноевропейских и др. видов. Большого разнообразия ДРКР не имеет, виды, обитающие здесь, распространены широко по всей Вологодской области. В целом данный район имеет схожесть по видовому составу с Вытегорско-Андомским и Нижнесухонским.

Верхнесухонский район по составу флоры близок к Молого-Вологодскому, но заметно отличается значительной примесью сибирского элемента и наличием части ареала гипоарктического вида *Polygonum viviparum*. Территории характерно наличие разнообразных типов растительности. Так, на склонах берегов рек произрастают еловые и сосновые леса с примесью березы. Здесь встречаются широколиственные породы деревьев и их неморальная свита. Широко распространены вторичные мелколиственные леса. Верхнее течение Сухоны сильно заболочено. Значительны участки окультуренных площадей.

Нижнесухонский район занимает крайнее северо-восточное положение в области. Общий состав флоры бореальный с примесью сибирского и евроазиатского элемента. Богатство и видовое разнообразие характерно для окрестностей поймы реки Сухоны, что объясняется широким распространением карбонатных почв. Обитающие здесь виды или располагаются на границе своего ареала или имеют единственное местонахождение в области. Именно здесь обитают евроазиатские *Polygonum foliosum* и *Thymus talijevii*, европейский неморально-бореальный *Onobrichis arenaria*, степные восточноевропейско-сибирские *Scorzonera ruprechtiana* и *Oxytropis ambigua*.

Югский район занимает крайнее юго-восточное положение в области. Флора представляет бореальный комплекс с значительным участием сибирского элемента, данная особенность делает этот район одним из самых интересных.

На фоне всех характеристик представляют интерес для исследований два южных флористических района Молого-Вологодский, Верхнесухонский, как наиболее богатые по составу ДРКР, что обусловлено сочетанием бореальных, арктических и европейских видов и Югский район в котором присутствует большое количество урало-сибирских видов ДРКР (Kamelin, 2017). Северные районы имеют обедненный видовой состав, но именно здесь располагаются наиболее ценные клюквенные болота.

В Шекснинско-Судском, Вожегодско-Кубенском, Верхнесухонском и Нижнесухонском районах в 57 ООПТ различного ранга (29 государственных природных заказников и 28 памятников природы) сохраняются 29 видов ДРКР, внесенные в Красную книгу Вологодской области:

Scorzonera glabra Rupr., *Hedysarum alpinum* L. (в Красной книге (КК) Мурманской области), *Astragalus arenarius* L. (в КК: Ленинградской обл., Псковской обл., Новгородской обл., Архангельской обл.), *Gypsophila fastigiata* L., *Dracosephalum ruyschiana* L. (в КК: Ленинградской обл., Псковской обл., Новгородской обл., Карелии, Архангельской обл., Республики Коми), *Thymus*

talijevii Klokov & Des.-Shost. (в КК: Архангельской обл., Республики Коми), *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Lactuca sibirica* (L.) Benth. ex Maxim., *Corylus avellana* L. (в КК: Ленинградской обл., Псковской обл., Новгородской обл., Карелии), *Anthyllis arenaria* (Rupr.) Juz. (в КК Архангельской обл.), *Anthyllis vulneraria* L. (в КК Архангельской обл.), *Lathyrus maritimus* (L.) P.W. Ball. (в КК: Ленинградской обл., Псковской обл., Карелии, Мурманской обл.), *Lathyrus pisiformis* L. (в КК: Ленинградской обл., Новгородской обл.), *Lathyrus sylvestris* L., *Lotus corniculatus* L., *Lotus dvinensis* Min. & Ulle (в КК Архангельской обл.), *Medicago falcate* L., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. (в КК Ленинградской обл., Новгородской обл., Республики Коми), *Leymus arenarius* (L.) Hochst. (в КК: Карелии, Мурманской обл.), *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Phleum phleoides* (L.) H. Karst. (сохранение в КК Псковской обл.), *Trisetum sibiricum* Rupr. (в КК: Ленинградской обл., Карелии), *Polygonum viviparum* L. (в КК: Ленинградской обл., Псковской обл., Новгородской обл., Мурманской обл.), *Rumex graminifolius* Lamb. (в КК Мурманской обл.), *Rubus caesius* L. (в КК Архангельской обл.), *Rubus humilifolius* С.А. Mey. (в КК: Ленинградской обл., Карелии, Архангельской обл., Республики Коми), *Sanguisorba officinalis* L., *Allium oleraceum* L., *Mentha longifolia* (L.) Huds. (Shipilina, Zhuk, 2016).

Сохранение ДРКР в Вологодской области недостаточно, не охватывает равномерно всю территорию в целом и, в основном, сосредоточено в западной части области.

Заключение

Анализ распространения ДРКР Вологодской области показал, что наиболее часто встречаются родичи кормовых, зернобобовых и ягодных культур. Наибольший интерес представляют южные районы Вологодской области, в которых наблюдается большое разнообразие ДРКР, и восточный район, где присутствует урало-сибирский элемент. Сохранение ДРКР в данных районах практически отсутствует, так как основная масса ООПТ Вологодской области сосредоточена в западных и северных районах.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0011 «Разработка и внедрение системы мониторинга родового, видового и внутривидового разнообразия культурных растений и их диких родичей, сохраняемых в условиях ex situ и произрастающих на территории РФ, в том числе мониторинга коллекций на загрязнение ГМО», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710371-7.

References/Литература

- Bobrov A. A., Chemeris E. V., Filippov D. A. Materials on the flora of the Vologda region // Transactions of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 2013, no. 2, pp. 39–45 [in Russian] (Бобров А. А., Чемерис Е. В., Филиппов Д. А. Материалы к флоре Вологодской области // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 2. С. 39–45).
- Chukhina I. G. Kul'turnye rasteniya i ih dikie rodichi (metody izucheniya i sohraneniya raznoobraziya). Barnaul : «AzBuка», 2007, 40 p. [in Russian] (Чухина И. Г. Культурные растения и их дикие родичи (методы изучения и сохранения разнообразия). Барнаул : «АзБука», 2007. 40 с.).
- Dzyubenko E. A., Dzyubenko N. I., Shipilina L. Yu. Mobilizaciya kormovyh vidov DRKR Kol'skogo poluostrova s cel'yu ih sohraneniya ex- i in situ // V sb.: Bioraznoobrazie i kul'turocenozy v ehkstreml'nyh usloviyah. Materialy dokladov II Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. 2013, pp. 50–2 [in Russian]. (Дзюбенко Е. А., Дзюбенко Н. И., Шипилина Л. Ю. Мобилизация кормовых видов ДРКР Кольского полуострова с целью их

- сохранения *ex-* и *in situ* // В сб. : Биоразнообразие и культуроценозы в экстремальных условиях. Материалы докладов II Всероссийской научной конференции с международным участием. 2013. С. 50–52).
- Kamelin R. V. Flora Severa Evropejskoj Rossii. VVM. 2017. 238 pp. [in Russian]. (Камелин Р. В. Флора Севера Европейской России. ВВМ. 2017. 238 с.).
- Red Book Vologoda region. Vol 2. Rasteniya i griby / Otv. red. Konechnaya G. Yu., Suslova T. A. Vologda: VGPU, «Rus'», 2004. 360 p. [in Russian] (Красная книга Вологодской области. Том 2. Растения и грибы / Отв. ред. Г. Ю. Конечная, Т. А. Суслова Вологда: ВГПУ, «Русь», 2004. 360 с.).
- Merezhko A. F. Rol' geneticheskikh resursov v sovremennoj selekcii rastenij / Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij. Tez. dokl. Mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoy konferencii. - St. Petersburg, 2001, pp. 353–355 [in Russian] (Мережко А. Ф. Роль генетических ресурсов в современной селекции растений / Генетические ресурсы культурных растений. Тез. докл. Международной научно-практической конференции. СПб., 2001. С. 353–355).
- Orlova N. I. The scheme of floristic subdivision of the Vologda region // Botanicheskiy Zhurnal, 1990, vol. 75, no. 9, pp. 1270–1277 [in Russian] (Орлова Н. И. Схема флористического районирования Вологодской области // Ботан. журн. 1990. Т. 75, № 9. С. 1270–1277).
- Orlova N. I. Konspekt flory Vologodskoj oblasti. Vysshie rasteniya. St. Petersburg : Trudy S.-Pb. obshchestva estestvoispytatelej, 1993, vol. 77, iss. 3, 261 p. [in Russian] (Орлова Н. И. Конспект флоры Вологодской области. Высшие растения. СПб.: Труды С.-Пб. общества естествоиспытателей. Т. 77, вып. 3. 1993. 261 с.).
- Orlova N. I. Opredelitel' vysshih rastenij Vologodskoj oblasti. Vologda: VSU, izdatel'stvo «Rus'», 1997. 264 pp. [in Russian]. (Орлова Н. И. Определитель высших растений Вологодской области. Вологда: ВШУ, издательство «Русь», 1997. 264 с.).
- Shipilina L. J. The question of the conservation of wild relatives of cultivated plants in the territory of Leningrad, Novgorod and Pskov regions // Proceedings of applied botany, genetics and breeding, 2017, vol. 178, iss. 4, pp. 22–28. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-4-22-28> [in Russian] (Шипилина Л. Ю. К вопросу о сохранении диких родичей культурных растений Северо-Запада Европейской части России // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 178, вып. 4. С. 22–28. DOI.org/10.30901/2227-8834-2017-4-22-28).
- Shipilina L. Yu., Smekalova T. N., Chukhina I. G., Makarova O. A., Dmitrenko G. A. Dikie rodichi kul'turnyh rastenij na territorii zapovednika "pasvik" // V sb. : Botanicheskie sady i ustojchivoe razvitie severnyh regionov Materialy dokladov Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 80-letnemu yubileyu PABSI KNC RAN. Rossijskaya akademiya nauk, Kolskij nauchnyj centr, Polyarno-al'pijskij botanicheskij sad-institut im. N. A. Avrorina. 2011, pp. 220–222 [in Russian] (Шипилина Л. Ю., Смекалова Т. Н., Чухина И. Г., Макарова О. А., Дмитренко Г. А. Дикie родичи культурных растений на территории заповедника "Пасвик" // В сб. : Ботанические сады и устойчивое развитие северных регионов Материалы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 80-летию ПАБСИ КНЦ РАН. Российская академия наук, Кольский научный центр, Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина. 2011. С. 220–222).
- Shipilina L. Yu., Zhuk M. A. Dikie rodichi kul'turnyh rastenij Rossii: Severo-Zapadnyj Federal'nyj Okrug Rossijskoj Federacii. Katalog mirovoj kollekcii VIR. St. Peterburg VIR, 2016. Iss. 832. 102 p. [in Russian] (Шипилина Л. Ю., Жук М. А. Дикie родичи культурных растений России: Северо-Западный Федеральный Округ Российской Федерации. Каталог мировой коллекции ВИР. СПб. ВИР, 2016. Вып. 832. 102 с.).
- Smekalova T. N., Chukhina I. G. Osnovnye aspekty strategii sohraneniya in situ di-kih rodichej kul'turnyh rastenij Rossii. // V sb. : Biologicheskoe raznoobrazie. Introdukcija rastenij Materialy 4-oj Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. 2007, pp. 82–83 [in Russian] (Смекалова Т. Н., Чухина И. Г. Основные аспекты стратегии сохранения *in situ* диких родичей культурных растений России // В сб. : Биологическое разнообразие. Интродукция растений Материалы 4-ой Международной научной конференции. 2007. С. 82–83).
- Smekalova T. N., Chukhina I. G. Crop wild relatives of European Russia for the problem of them in situ conservation. Belgorod State University Scientific Bulletin. Current issue (Natural Sciences). 2011, no. 9 (104), vol. 15/1, pp. 38–43 [in Russian] (Смекалова Т. Н., Чухина И. Г. Дикie родичи культурных растений Европейской России в связи с проблемой их сохранения *in situ*. Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 2011. № 9 (104), вып. 15/1. С. 38–43).
- Zhuk M. A., Chukhina I. G., Shipilina L. Yu. Diversity of crop wild relatives in flora of Arkhangelsk region based on VIR expedition findings // Proceedings of applied botany, genetics and breeding. Vol 175. Iss.1. St. Petersburg : VIR, 2014, pp. 80–87 [in Russian] (Жук М. А., Чухина И. Г., Шипилина Л. Ю. Разнообразие диких родичей культурных растений во флоре Архангельской области по материалам экспедиций ВИР // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2014. Т. 175, вып. 1. С. 80–87).

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-60-67

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 633.16:470.44/.47

Г. В. Козубовская¹,
В. И. Балакшина²

¹Филиал Волгоградская опытная станция Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», 404160, Волгоградская область, Среднеахтубинский район, г. Краснослободск, Опытная станция ВИР, кварт. 30, e-mail: kozubovskaya.galina@yandex.ru

²Нижне-Волжский НИИСХ – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, 403013, Волгоградская область, Городищенский район, пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции, ул. Центральная, д. 12. e-mail: nwniish@mail.ru

Ключевые слова:

ячмень, сорта, урожайность, метеорологические условия

Поступление:

24.04.2018

Принято:

19.09.2018

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТИПОВ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Актуальность. Основным фактором, ограничивающим получение высоких урожаев ячменя, является несоответствие условий выращивания биологическим и физиологическим требованиям возделываемых сортов, и в первую очередь недостаточная влагообеспеченность посевов в отдельные периоды развития, а иногда в течение всей вегетации растений. Сравнивая условия выращивания с требованиями сортов различных экотипов к условиям роста и развития растений, следует выделить сорта, устойчивые к засухе на разных этапах органогенеза, которые могут быть использованы как источники засухоустойчивости в селекции ячменя. **Материалы и методы.** Исследования проводились в сухостепной зоне Волгоградской области на опытном поле Нижне-Волжского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Питомник заложен по общепринятой методике. Для исследования отобраны 22 сорта из России, США, Канады, Беларуси, Германии, стандарт – ‘Донецкий 8’. **Результаты и выводы.** В сухостепной зоне для роста и развития ярового ячменя важное значение имеют условия увлажнения в фазу выхода в трубку и температурный режим в период созревания. При достаточной влагообеспеченности (56,3 мм) в фазу выход в трубку и умеренной температуре воздуха (сумма активных температур 711°C) в фазу созревания урожайность зерна была максимальной и достигала у отдельных сортов 7,0–8,0 т/га. При отсутствии осадков (1,4 мм) в фазу выход в трубку и сильной жары в период созревания (1030,5°C), урожайность у этих сортов снижалась до 2,5–3,0 т/га. Сорта по-разному реагировали на условия выращивания. Вариабельность по сортам была значительной – коэффициент вариации в более засушливые годы составил 30–54%, во влажной – 20,5%. Для зоны рискованного земледелия подходят наиболее пластичные сорта, формирующие высокую урожайность независимо от климатических условий, такие как ‘Миар’, ‘Донецкий 8’, ‘Tetonia’, ‘PWA 1758’, ‘Lenetah’, ‘Hays’ у которых коэффициент адаптации выше 1 во все годы проведения опыта. Остро реагируют на изменения условий вегетации сорта ‘Омский голозерный’, ‘Дублет’, ‘Фобос’, ‘TerceI’, ‘Thual’, коэффициент адаптации ниже 1. Голозерные сорта ‘Tamalpais’ (США) и ‘CDCGainer’ (Канада) с высоким коэффициентом адаптации в засушливые годы могут быть использованы в селекции на засухоустойчивость.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-60-67

ORIGINAL ARTICLE

G. V. Kozubovskaya¹,
V. I. Balakshina²

¹Volgograd Experiment Station, branch of the N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 30, VIR Experiment Station Block, Krasnoslobodsk town, Sredneakhtubinsky District, Volgograd Province, Russia
e-mail: kozubovskaya.galina@yandex.ru

²Lower-Volga Research Institute of Agriculture, 12, Central Str., Regional Agricultural Experiment Station Settlement, Gorodishche District, Volgograd Province, Russia
e-mail: nwniish@mail.ru

Key words:

barley, varieties, productivity, meteorological conditions

Received:

24.04.2018

Accepted:

19.09.2018

THE RESULTS OF THE ECOLOGICAL STUDY OF DIFFERENT ECOTYPES OF SPRING BARLEY VARIETIES IN THE DRY CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD PROVINCE

Background. The main limiting factor for achieving high barley yields is the insufficient moisture availability for crops in certain periods of development. When comparing growing conditions with the requirements of varieties of different ecotypes to the conditions of plant growth and development, it is necessary to identify varieties that are resistant to drought at different stages of organogenesis and thus can be used as sources of drought resistance in barley breeding. **Materials and methods.** The study was carried out in the dry-steppe zone of the Volgograd Province at the experiment station of the *Lower-Volga* Research Institute of Agriculture. A nursery was laid out according to a standard method. Twenty-two varieties from Russia, the USA, Canada, Belarus and Germany were selected for the study, and 'Donetskiy 8' was used as a reference. **Results and conclusions.** In the dry-steppe zone, the moistening conditions at the booting stage and the temperature regime during ripening are important for the growth and development of spring barley. With sufficient moisture supply (56.3 mm) at the booting stage and moderate air temperature (the sum of active temperatures of 711°C) during the maturing stage, the grain yield was maximal and reached 7.0–8.0 tons/ha for individual varieties. In the absence of precipitation (1.4 mm) at the booting stage and strong heat during the maturing stage (1030.5°C), the yield of these varieties decreased to 2.5–3.0 tons/ha. The coefficient of variation in more droughty years was 30–54%, while in wet ones it was 20.5%. The varieties that are suitable for the zone of risky agriculture as the most flexible ones that ensure high yields regardless of climatic conditions, are 'Miar', 'Donetskiy 8', 'Tetonia', 'PWA 1758', 'Lenetah', 'Hays', which adaptation coefficient is above 1 throughout the years of the study. A sharp response to the changing vegetation conditions was displayed by 'Omskiy Golozernyi', 'Dublet', 'Fobos', 'Tercel' and 'Thual', all with an adaptation coefficient below 1. The naked varieties 'Tamalpais' (USA) and 'CDCGainer' (Canada) have a high adaptation coefficient (1.23, 1.41) in arid conditions and can be used in barley breeding for drought resistance.

Введение

Яровой ячмень – важнейшая продовольственная, кормовая и техническая культура, которая является одной из наиболее распространенных в Волгоградской области. В условиях повышенной континентальности климата особенно важно выведение сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды, обеспечивающих производство зерна с высокими потребительскими свойствами. Современные сорта, несомненно, более совершенны, чем те, что находились на вооружении земледельца 15–20 лет назад. Они обладают более высокой продуктивностью, пластичностью, иммунитетом.

Однако имеющиеся «узкие места» в природе сортов оставляют широкий простор для исследований в этом направлении (Gritsenko, 2012).

По мере изменения и усложнения селекционных задач возрастают требования к степени изученности исходного материала. Для этого в сухостепной зоне Волгоградской области в филиале Волгоградская опытная станция Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) ежегодно проводятся экологические испытания, а также поддержание большого числа образцов ярового ячменя мировой коллекции ВИР с целью выявления образцов, наиболее ценных для селекции, адаптированных к засухе в различные фазы роста и развития.

Материалы и методы

Исследования проводились в сухостепной зоне Волгоградской области на опытном поле Нижне-Волжского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФНЦ агроэкологии РАН. Опытный участок расположен на выровненной территории, почва светло-каштановая тяжелосуглинистая.

Питомник изучения был заложен на паровом поле по методике ВИР (Loskutov et al., 2012).

В сухостепной зоне каштановых и светло-каштановых почв климатические условия выращивания сельскохозяйственных культур крайне нестабильные. Основным фактором низких урожаев ярового ячменя является недостаточная влагообеспеченность растений не только в отдельные фазы роста и развития, но иногда на протяжении всей вегетации.

В сухостепной зоне метеорологические условия вегетации ячменя в годы проведения исследований значительно различались как по влагообеспеченности, так и температурному режиму. Наибольшее количество осадков (168,1 мм) выпало в 2016 году, при средних показателях суммы активных температур, гидротермический коэффициент (ГТК) был высокий – 0,82. Минимальное количество осадков (91,4 мм) и наименьшая сумма активных температур (1730,8°C) наблюдались в 2017 году.

Был изучен 21 сорт ярового ячменя из России, США, Канады, Германии, Беларуси, для сравнения в качестве стандарта использовали районированный в зоне сорт 'Донецкий 8'.

Математическую обработку проводили по общепринятой методике (Dospreev, 1985), для коэффициента адаптации использовали понятия «среднесортная урожайность года» (Jivotrov, Morozova, 1994), а также индекс экологической пластичности сорта – $Y_{sp} = S_s/S_r$, где: Y_{sp} – индекс экологической пластичности сорта; S_s – урожайность сорта; S_r – средняя урожайность всех сортов выборки (Tihonov, 2007).

Результаты и выводы

Анализ экспериментальных данных показал, что рост и развитие растений ячменя зависят не только от общего количества осадков, но и распределения их в течение вегетации (Balakshina, 2016).

Так, в 2015 году при среднем количестве осадков 114,3 мм урожайность ячменя была минимальной – 1,7 т/га. В течение весенне-летнего периода осадки распределялись неравномерно (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические условия в период весенне-летней вегетации ярового ячменя (Нижне-Волжский НИИСХ)
Table 1. Meteorological conditions during the spring/summer growing season of spring barley (Lower-Volga Research Institute of Agriculture)

Показатели	Год исследования	Фенологические фазы				Всего за вегетацию
		Посев-всходы	Всходы-выход в трубку	Выход в трубку-колошение	Колошение-созревание	
Число дней	2015	5–6	21–26	23–28	34–42	83–102
	2016	4–5	28–30	19–25	35–40	86–100
	2017	6–7	22–23	18–26	28–32	74–88
Количество осадков, мм	2015	3,3	58,3	1,4	51,3	114,3
	2016	4,0	59,6	30,8	73,7	168,1
	2017	2,0	31,1	56,3	2,0	91,4
Сумма активных температур выше +10°C	2015	141,5	412,5	515,0	1030,0	2099,5
	2016	74,1	483,4	524,6	966,8	2048,9
	2017	137,7	353,3	528,4	711,4	1730,8

Гидротермический коэффициент (ГТК) – 2015 год – 0,54;
 2016 год – 0,82;
 2017 год – 0,50.

Основное их количество (58,3 мм) выпало в фенологическую фазу кущение, что привело к интенсивному росту побегов. Однако фенофаза выход в трубку проходила при высокой среднесуточной температуре воздуха (+22–23°C), низкой относительной влажности воздуха (35–40%) и практическом отсутствии осадков (1,4 мм), что привело к формированию колосьев только на главных побегах. Прошедшие в фазу колошения дожди (44 мм) способствовали быстрому росту боковых побегов, на которых колоски не успели сформироваться, а высокая температура воздуха в период созревания (1030°C) и суховеи привели к щуплости зерновок. У всех сортов количество продуктивных побегов было минимальное (360 шт./м²) и низкий коэффициент хозяйственной эффективности (24,5%) (табл. 2).

В 2016 году за вегетацию выпало максимальное количество осадков (168,1 мм) и распределялись они по фазам равномерно. Увлажнение и температурный режим были благоприятными до фазы колошения. Большинство сортов были высокорослыми, имели густой продуктивный стеблестой (489–879 шт./м²) (см. табл. 2). После фазы колошения началось резкое повышение температуры (до +38,6°C), снижение влажности воздуха и иссушение почвы. Зерно сформировалось щуплое.

В 2017 году было наиболее оптимальное распределение осадков и температуры воздуха. Несмотря на минимальное количество осадков за

весеннее-летнюю вегетацию (91,4 мм), в основном они выпадали в период кущение-выход в трубку, что способствовало образованию большого количества побегов. В период колошение-созревание при отсутствии осадков, но умеренной температуре воздуха (сумма активных температур 711,4°C) сформировались крупные зерновки, коэффициент хозяйственной эффективности был максимальный (37,6%).

**Таблица 2. Показатели продуктивности сортов ярового ячменя
(Нижне-Волжский НИИСХ)**

**Table 2. Productivity indices of spring barley varieties
(Lower-Volga Research Institute of Agriculture)**

Показатели	Год исследований	Xcp±Sx	Xmax	Xmin	V%
Высота побега, см	2015	54,7±2,3	63,0	45,2	10,0
	2016	68,4±1,6	90,2	42,5	18,1
	2017	68,5±1,5	80,4	45,6	13,4
Количество продуктивных побегов, шт./м ²	2015	360±21,0	633,0	90,0	42,5
	2016	714±19,0	879,0	489,0	15,8
	2017	520±8,0	706,0	99,0	23,8
Коэффициент хозяйственной эффективности K _{хоз} , %	2015	24,5±0,9	36,0	3,0	38,9
	2016	34,1±0,7	42,0	21,0	17,9
	2017	37,6±0,5	50,0	25,0	15,9
Число зерен в колосе, шт.	2015	20,5±0,6	25,3	12,7	20,9
	2016	23,4±0,4	26,3	20,1	7,8
	2017	22,1±0,5	25,7	10,3	16,8
Масса 1000 зерен, г	2015	34,2±1,1	47,0	21,0	16,7
	2016	37,6±0,9	45,0	24,0	15,9
	2017	39,7±0,8	48,0	34,0	8,5

В экстремальных метеорологических условиях важное значение имеет продолжительность периода всходы-колошение (Chigantsev et al., 2009). В годы проведения опытов период от всходов до колошения менялся от 46–52 дней во влажный год до 41–49 дней в засушливый. Независимо от условий выращивания наиболее длинный период 49–53 дня был у сортов ‘Clearwater’, ‘Bear’ из США, ‘Фобос’, ‘Дублет’ из Беларуси, а также у стандарта ‘Донецкий 8’. В то же время встречались сорта – ‘Thual’, ‘Herald’ из США, ‘Tercel’ из Канады, – у которых продолжительность периода варьировала от 41 дня в засушливый до 51 дня во влажный, у остальных сортов четкой закономерности не выявлено.

В засушливых условиях высота растений значительно влияет на формирование урожайности зерна. Низкорослые, рано колосающиеся сорта с развитой поверхностной корневой системой сильнее реагируют на недостаток влаги в почве (Chigantsev, 2009). В данной коллекции средняя высота растений составляла 54,7 см в 2015 году, коэффициент вариации этого признака был минимальный 10%. Во влажный 2016 год высота у растений достигала 80–90 см, и коэффициент вариации увеличился до 18%. Наибольшая высота (до 90 см) во все годы проведения опыта была у сортов ‘Craft’ из США, ‘Миар’ из Оренбургской области, ‘Омский голозерный’ из Омска, ‘CDCGainer’ и ‘ACAlberte’ из Канады, а также у сорта ‘Донецкий 8’; наименьшая (42–47 см) – у сортов ‘Tetonia’, ‘Tamalpais’ из США. У остальных сортов высота побегов была на уровне средних значений.

Количество продуктивных побегов у сортов ярового ячменя значительно изменялось в зависимости не только от климатических условий, но и от сортовых

особенностей. Изменчивость по сортам была значительной – от 15,8% в 2016 году до 42,5% в 2015 году.

Максимальное количество продуктивных побегов во все годы исследований (620–710 шт./м²) было у сортов ‘Craft’, ‘Hays’, ‘PWA 1758’, ‘Tamalpais’ из США, ‘Миар’ из Оренбургской области, минимальное (200–300 шт./м²) – у сорта ‘Фобос’ из Беларуси. У некоторых сортов различия были более значительные. В засушливые годы у сорта ‘Нудум 95’ количество продуктивных побегов было 90 шт./м², во влажный – 680 шт./м², у сорта ‘Грейс’ – 300 шт./м² и 828 шт./м², у сорта ‘Thual’ – 210 шт./м² и 710 шт./м² и у сорта ‘Майский’ – 300 шт./м² и 879 шт./м².

Наиболее стабильными по этому показателю были сорта ‘Tetonia’ (550–600 шт./м²), ‘ACAlberte’ (450–550 шт./м²).

Число зерен в колосе в разные годы было примерно одинаковым – 20,5–23,4 шт. Наибольшее число зерновок в колосе было у сортов ‘Craft’ (25–26 шт.), ‘Lenetah’ (23–25 шт.), ‘Tetonia’ (23–26 шт.), ‘Tercel’ (23–25 шт.), наименьшее – у сорта ‘Нудум 95’ (10–14 шт.). У сортов ‘Hays’, ‘Clearwater’, ‘Фобос’, ‘CDCGainer’, ‘Bear’, ‘Абалак’ количество зерновок варьировало от 14–15 шт. в засушливый год до 22–25 шт. во влажный.

Для формирования зерновок наиболее благоприятным был 2017 год, когда масса 1000 зерен была максимальной и составляла в среднем 39,7 г. Коэффициент вариации был наименьший – 8,5%. В другие годы варибельность по этому показателю увеличивалась. Максимальная масса 1000 зерен, как и в предыдущих исследованиях (Kozubovskaya, 2016), была у сорта ‘Миар’ (45–48 г), а также у сортов ‘Craft’ (44–47 г), ‘Lenetah’ (41–43 г), минимальная – у сортов ‘Thual’ (21–29 г) и ‘Омский голозерный’ (24–30 г). Наиболее стабильные показатели по годам были у сортов ‘Tercel’ (34–35 г) и ‘Herald’ (39 г), тогда как у сортов ‘CDCGainer’ и ‘Грейс’ масса 1000 зерен варьировала от 28–30 г до 42–44 г.

Одним из показателей роста и развития растений является коэффициент хозяйственной эффективности, который показывает соотношение зерна и соломы.

Все годы проведения опытов у сортов ‘Lenetah’ (30,7–45,7%), ‘PWA 1758’ (36,0–50,8%), ‘Миар’ (36,9–41,6%) коэффициент хозяйственной эффективности был наибольший, тогда как у сортов ‘Фобос’ (10–25%), ‘Дублет’ (10,8–26,9%) и особенно ‘Нудум 95’ (3,2–15%) этот показатель резко снижался.

У остальных сортов коэффициент хозяйственной эффективности был на уровне средних показателей.

Урожайность зерна ярового ячменя значительно варьировала в зависимости от климатических условий и от сортовых особенностей растений. В 2015 году урожайность зерна в изучаемой коллекции в среднем составила всего 1,7 т/га, а коэффициент вариации был максимальным – 54%. С увеличением количества осадков (2016 г.) урожайность увеличилась до 3,75 т/га, а коэффициент вариации снизился до 20%. В 2017 году практически у всех сортов урожайность была наибольшей и в среднем составила 5,64 т/га (табл. 3). Сорта по-разному реагировали на метеорологические условия выращивания. В коллекции выделились 7 сортов, например, такие как ‘Миар’, ‘Lenetah’, ‘PWA 1758’, ‘Craft’ и др., у которых во все годы исследований урожайность была наибольшей, а коэффициент вариации выше 1.

В то же время у 6 сортов, таких как ‘Clearwater’, ‘Thual’, ‘Tercel’, ‘Фобос’, ‘Дублет’ и ‘Омский голозерный’ урожайность зерна была наименьшей, а коэффициент адаптации ниже 1. У остальных сортов коэффициент адаптации

менялся в зависимости от климатических условий. Например, у сортов ‘Tamalpais’ (США) и ‘CDCGainer’ урожайность в неблагоприятном 2015 году была выше средней, а при более благоприятных условиях – ниже. Тогда как у сортов ‘Herald’, ‘Майский’, ‘Абалак’ коэффициент адаптации ниже 1 был только в 2015 неблагоприятном году. Наиболее нестабильные данные по урожайности были у сорта ‘Нудум 95’. В более засушливых условиях 2015 и 2017 годах урожайность у этого сорта была минимальной – всего 0,1 т/га, тогда как при увеличении количества осадков в 2016 году – 4,5 т/га.

Таблица 3. Урожайность сортов ярового ячменя (Нижне-Волжский НИИСХ)

Table 3. Yield of spring barley varieties (Lower-Volga Research Institute of Agriculture)

№ п/п	№ каталога ВИР	Страна происхождения	Название сорта	Разновидность	Урожайность, т/га			Коэффициент адаптации		
					2015	2016	2017	2015	2016	2017
1	31051	США	Craft	<i>Medicum</i>	2,8	4,2	6,6	1,64	1,13	1,17
2	31052	США	Hays	<i>Triceras</i>	2,4	3,9	7,0	1,41	1,04	1,24
3	31055	США	Lenetah	<i>Medicum</i>	2,6	4,1	8,0	1,53	1,1	1,42
4	31056	США	PWA 1758	<i>Deficiens</i>	2,9	4,1	7,6	1,7	1,1	1,34
5	31057	США	Tetonia	<i>Deficiens</i>	2,8	3,9	5,7	1,6	1,04	1,01
6	31203	Россия	Миар	<i>Nutans</i>	3,2	4,3	7,7	1,88	1,15	1,36
7	St.	Украина	Донецкий 8	<i>Medicum</i>	2,9	4,8	5,8	1,7	1,28	1,02
8	31050	США	Clearwater	<i>Nudum</i>	1,4	3,3	4,7	0,82	0,88	0,83
9	31058	США	Thual	<i>Coeleste</i>	0,8	2,9	4,1	0,47	0,77	0,73
10	31105	Канада	Tercel	<i>Nudum</i>	1,0	3,6	4,6	0,59	0,96	0,81
11	31148	Беларусь	Фобос	<i>Neodenes</i>	0,4	3,7	3,5	0,23	0,98	0,62
12	31172	Беларусь	Дублет	<i>Coeleste</i>	0,6	3,2	4,2	0,35	0,85	0,74
13	31187	Россия	Омский гол.	<i>Coeleste</i>	1,2	2,4	3,7	0,70	0,64	0,65
14	31059	США	Tamalpais	<i>Coeleste</i>	2,4	3,3	5,0	1,41	0,88	0,89
15	31106	Канада	CDCGainer	<i>Nudum</i>	2,1	3,7	5,7	1,23	0,98	1,01
16	31107	Канада	ACAlberte	<i>Nudum</i>	2,0	3,9	4,7	1,17	1,04	0,83
17	31049	США	Bear	<i>Nudum</i>	1,3	3,2	6,6	0,76	0,86	1,17
18	31054	США	Herald	<i>Ricotense</i>	1,3	3,9	5,8	0,76	1,04	1,03
19	31141	Россия	Майский	<i>Nudum</i>	1,2	3,7	6,3	0,70	0,98	1,11
20	31201	Россия	Абалак	--	1,3	3,9	6,2	0,76	1,04	1,1
21	31125	Россия	Нудум 95	<i>Nudum</i>	0,1	4,5	0,1	0,06	1,2	0,02
22	31126	Германия	Грейс	<i>Nutans</i>	0,9	4,1	5,6	0,53	1,09	0,99
	Хср±Sx				1,7±0,1	3,75±0,2	5,64±0,2			
	X max				3,2	4,8	8,0			
	X min				0,1	2,4	0,1			
	V%				54,1	20,5	30,1			

Заключение

В сухостепной зоне на каштановых и светло-каштановых тяжелосуглинистых почвах для роста и развития растений ярового ячменя важное значение имеют условия увлажнения в фенологическую фазу выход в трубку и температурный режим в период созревания. При достаточной влагообеспеченности (56,3 мм) и умеренной температуре воздуха (сумма активных температур 711°C) (2017 год) урожайность зерна была максимальной

и достигала у отдельных сортов 7,8–8,0 т/га. Если же в фазу выхода в трубку осадки практически отсутствовали (1,4 мм), а в период созревания наступала сильная жара (сумма активных температур 1030°C), урожайность у этих сортов снижалась до 2,5–3,0 т/га. Анализ показал, что для зоны рискованного земледелия подходят наиболее пластичные сорта, формирующие высокую урожайность независимо от климатических условий, такие как ‘Миар’, ‘Донецкий 8’, ‘Tetonia’, ‘PWA 1758’, ‘Lenetah’, ‘Hays’, у которых коэффициент адаптации выше 1 во все годы проведения опыта. Остро реагируют на изменение условий вегетации сорта ‘Омский голозерный’, ‘Дублет’, ‘Фобос’, ‘Tercel’, ‘Thual’, коэффициент адаптации ниже 1. Остальные сорта были менее пластичны и не отличались стабильностью.

Голозерные сорта ‘Tamalpais’ (США) и ‘CDCGainer’ (Канада) с высоким коэффициентом адаптации в засушливые годы могут быть использованы в селекции на засухоустойчивость.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710369-4.

References/Литература

- Balakshina V. I. The influence on crops productivity of barley in steppe zone biogenic and human factors in Volgogradskaya oblast // Scientifically agricultural journal, 2016, no 1, pp. 46–49. [in Russian] (Балакшина В.И. Влияние биогенных и антропогенных факторов на урожайность ячменя в сухостепной зоне Волгоградской области // Научно-агрономический журнал, 2016, №1. С. 46–49).
- Gritsenko V. G. Spring barley in the arid conditions of southern Russia. Elista, 2012, pp. 22–24 [in Russian] (Гриценко В. Г. Яровой ячмень в засушливых условиях юга России. Элиста, 2012. С. 22–24).
- Dospehov B. A. The methods of field research with statistic cleaning the results of researches. Moscow : Al'yans, 1985, 357 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методы полевых исследований со статистической обработкой результатов исследований. М. : Альянс, 1985. 357 с.).
- Jivodkov L. A., Morozova Z. A. The methods of revealing of potential productivity and adaptively of sorts and selection forms by the mark of crops // Selection and breeding, 1994, no. 2, 36 p. [in Russian] (Живодков Л. А., Морозова З. А. Методы выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм по признаку посевов // Селекция и семеноводство, 1994. № 2. 36 с.).
- Kozubovskaya G. V., Kozubovskaya O. Y., Balakshina V. I. The forming of productivity in spring barley varieties in the dry steppe zone of Volgograd province // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2016, vol. 178, iss. 3, pp. 21–27 [in Russian] (Козубовская Г. В., Козубовская О. Ю., Балакшина В. И. Формирование продуктивности сортов ярового ячменя в сухостепной зоне Волгоградской области // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 178, вып. 3. С. 21–27).
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Meteorological directions for studying and keeping international collection of barley and oat. St-Petersburg, 2012, 63 p. [in Russian] (Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Э. В. Метеорологические указания по изучению и хранению международной коллекции ячменя и овса. СПб., 2012. 63 с.).
- Tihonov N. A. The improving of structure of crops of Spring barley Ergeninsky 2 // International agricultural Journal, 2007, no. 6, pp. 56–58 [in Russian] (Тихонов Н. А. Совершенствование структуры посевов ярового ячменя Ергенинский 2 // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 6. С. 56–58).
- Chiganchev N. P. The optimization of sizes of valuable features of spring barley in steppe zone conditions // Scientifically agricultural journal. Volgograd, 2009, no2 (85), pp. 36–38 [in Russian] (Чиганцев Н. П. Оптимизация размеров ценных признаков ярового ячменя в условиях степной зоны // Научно-агрономический журнал. 2009. № 2 (85). С. 36–38).

УДК 57.063.7: 633.112.1

О. А. Ляпунова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42,44
e-mail: o.liapounova@vir.nw.ru

Ключевые слова:

пшеница твердая, коллекция ВИР, местный сорт, полевое изучение, источники ценных признаков

Поступление:

13.07.2018

Принято:

19.09.2018

СРЕДИЗЕМНОМОРСКИЕ СТАРОМЕСТНЫЕ СОРТА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ, СОХРАНЯЕМЫЕ В КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Актуальность. Местные сорта составляют ценный пул для использования в селекции. В коллекции ВИР и сегодня сохраняется этот уникальный материал, который уже давно не выращивается в местах своего происхождения и в большей части не встречается ни в одной коллекции мира. Более 50% староместных сортов коллекции твердой пшеницы ВИР – сорта из стран Средиземноморского бассейна, где твердая пшеница является одной из ведущих зерновых культур. Комплексное сравнительное изучение этого материала по морфологическим и агробиологическим признакам позволяет выделить ценные сорта и рекомендовать их для использования в различных исследованиях. **Объект.** Объектом изучения служили 313 местных сортов твердой пшеницы из 17 стран Средиземноморья, сохраняемых в коллекции ВИР. Эксперимент проводили на полях исследовательской станции Тель Хадия Международного центра сельскохозяйственных исследований в засушливых регионах (ICARDA, Сирия). **Результаты и выводы.** В результате оценки хозяйственно полезных признаков у староместных сортов твердой пшеницы были выделены источники скороспелости, короткостебельности, компонентов продуктивности и дана сравнительная характеристика сортов различного происхождения по этим признакам. Полевая оценка устойчивости к септориозу колоса (*Septoria nodorum* Belk.), желтой (*Puccinia striiformis* West.) и бурой (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Erikss.) листовым ржавчинам показала различие местных сортов разных стран по устойчивости к этим заболеваниям. Были выделены иммунные к желтой ржавчине сорта из Алжира, Испании, Италии и Сирии. Иммунными к бурой ржавчине были сорта из Северной Африки и Португалии, а к септориозу колоса – из Италии и Португалии. Исследованные сорта обладают ценными морфологическими признаками. Идентификация образцов *Triticum durum* Desf. выявила новые разновидности и формы. Анализ результатов сравнительного изучения староместных сортов твердой пшеницы Средиземноморья показывает их большое разнообразие по морфологическим признакам и несомненную ценность отдельных сортов, обладающих теми или иными важными хозяйственными признаками.

O. A. Lyapunova

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia;
e-mail: o.liapounova@vir.nw.ru

Key words:

durum wheat, the VIR collection,
landraces, field study, sources of
valuable traits

Received:

13.07.2018

Accepted:

19.09.2018

MEDITERRANEAN LANDRACES OF DURUM WHEAT PRESERVED IN THE VAVILOV COLLECTION (VIR)

Background. Landraces constitute a valuable pool for use in breeding. Even today, the collection of VIR contains this unique material, which has not been reproduced in the places of its origin for a long time, and for the most part does not occur in any collection of the world. About 60% of the landraces of the VIR durum wheat collection were collected in the countries of the Mediterranean basin where durum wheat is one of the leading cereals. Complex comparative study of this material according to its morphological and agrobiological traits makes it possible to identify valuable landraces and recommend them for the use in various studies. **Objective.** The research covered 313 landraces of durum wheat from 20 countries and regions of the Mediterranean basin preserved in the collection of VIR. The experiment was conducted in the fields of the Tel Hadiya Research Station of the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA, Syria). **Results and conclusion.** As a result of the evaluation of economically useful traits, sources of earliness, short-stem characteristics, and productivity components were identified. The field assessment of resistance to the blotch of wheat (*Septoria nodorum* Belk.), wheat yellow rust (*Puccinia striiformis* West.) and wheat leaf rust (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Erikss.) showed differences in the resistance to these diseases among landraces of different origin. Immunity to yellow rust was observed in the varieties from Algeria, Spain, Italy and Syria, to brown rust in the varieties from North Africa and Portugal, and to blotch in the varieties from Italy and Portugal. The studied durum wheat landraces possess valuable morphological characteristics. Identification of the *Triticum durum* Desf. accessions revealed new varieties and forms. An analysis of the results of the comparative study of the Mediterranean landraces manifested great diversity of their morphological characteristics and undoubted value of individual varieties possessing various important economic traits.

Введение

Пшеница твердая (*Triticum durum* Desf.) выращивается в основном для питания человека. Она употребляется в виде изделий из зерен или теста (паста), таких как спагетти и макароны, плоский хлеб, крупы, кускус, булгур, квасной хлеб, лапша и др. В некоторых регионах мира низкокачественная твердая пшеница используется как корм. Вид характеризуется жаростойкостью и устойчивостью к осыпанию зерна. Растения хорошо используют поливную воду, что делает твердую пшеницу перспективной культурой для регионов с орошаемым земледелием. Отличается высокими требованиями к плодородию почвы и чистоте полей.

Основное производство твердой пшеницы сосредоточено в странах Северной Америки и Средиземноморского бассейна, в том числе в южной Европе, Северной Африке и Юго-Западной Азии. В большинстве средиземноморских стран твердая пшеница занимает ведущее место в производстве и потреблении зерна. Так, Италия производит *T. durum* в значительной степени самостоятельно. Возделывание сконцентрировано в большей степени в самых южных областях Италии – Sicilia и Puglia. Твердая пшеница является основной зерновой культурой, производимой в Испании, Португалии, Греции, Алжире, Тунисе и Марокко. На Кипре твердая пшеница долгие годы была главным выращиваемым хлебным злаком, мука которого использовалась для производства макарон и традиционного кипрского хлеба. Сирия на протяжении долгих лет являлась крупнейшим региональным экспортером твердой пшеницы.

От древней истории и до настоящего времени твердая пшеница имеет главенствующее положение во всем Средиземноморье, где обнаружено исключительное разнообразие ее разновидностей и сортов. Пшеницы твердые Западного Средиземноморья, особенно Северной Африки, отличаются крупными длинноостыми колосьями, крупным удлинённым зерном, позднеспелостью; сорта Восточного Средиземноморья – засухоустойчивые, с укороченными колосьями и укороченным зерном, скороспелые. Острова Средиземноморья также имеют большое разнообразие форм твердых пшениц, которые выделяются по ряду ценных хозяйственных признаков: величине и форме зерна, урожайности, положительными хлебопекарным свойствам, засухоустойчивости, скороспелости, стойкости соломы, слабой поражаемости грибными паразитами (Schreiber, 1934). Вавилов пишет о разнообразии пшениц Кипра, как совершенно исключительном: «...это только твердая пшеница, но в развернутом богатстве форм как по физиологическим, так и по морфологическим признакам – от мелкоколосных, безлигульных форм до гигантских, похожих на формы Северной Африки» (Vavilov, 1987, p. 125).

В последнее время возрос интерес современных исследователей к староместным сортам народной селекции. Причина такого интереса – интенсивный процесс эрозии генетического разнообразия в результате воздействий человека и влияние критериев современной селекции (Agora, 1988; Belaid, 2000; Srivastava et al., 1988). Местные сорта, чей генетический потенциал еще не полностью исследован и использован, обладают такими важными адаптивными свойствами, как засухоустойчивость, жаро- и холодостойкость, солеустойчивость и особенно устойчивость к различным патогенам. Тем самым они составляют ценный пул для использования в селекции.

В своей работе о пшеницах Сицилии (Cillis, 1942) профессор Уго де Чилис, руководитель одной из крупных сельскохозяйственных станций Италии

(1928 – 48 гг.), отмечал, что местные сорта отличаются от всех других генетических ресурсов, так как они «привязаны» к месту, к фермеру, который сохранял их из поколения в поколение. Таким образом, местные сорта, это не только генетическая, но и историческая, культурная и социальная ценность. Они должны быть идентифицированы, оценены, сохранены и использованы путем надлежащего планирования и координации действий.

Таблица 1. Страны Средиземноморья, сорта которых сохраняются в коллекции твердой пшеницы ВИР

Table 1. The Mediterranean countries whose varieties are preserved in VIR's durum wheat collection

Страна	Число образцов в коллекции ВИР	Число образцов, включенных в коллекцию до 1940 г.	Страна	Число образцов в коллекции ВИР	Число образцов, включенных в коллекцию до 1940 г.
Португалия	94	36	Израиль	240	226**
Испания	123	67	Ливан	7	7
Италия, в т. ч.	362	108	Сирия	178	103
Сардиния	41	41	Турция	869	407
Сицилия	58	35	Египет	40	26
Мальта	3	3	Тунис	218	124
Сан-Марино	3	2	Алжир	207	181
Греция, в т. ч.	103	51	Марокко	170	80
Крит	7	7	Иордания	31	31
Родос	13	13	Сев. Африка*	13	13
Кипр	86	78			
		<i>Всего</i>	17 стран и 4 области	2747	1543

*Северная Африка – запись в экспедиционных документах без указания конкретной страны

**Палестина

В коллекции ВИР и сегодня сохраняется этот уникальный материал, который уже давно не выращивается в местах своего происхождения и в большей части не встречается ни в одной коллекции мира (Liaronova, 2000). Около 60 % староместных сортов коллекции твердой пшеницы ВИР происходят из стран Средиземноморского бассейна (табл. 1). Основную часть этой коллекции составляют образцы, собранные Н. И. Вавиловым в экспедициях 1926–1927 гг. Им были обследованы сельскохозяйственные районы почти всех стран региона, таких как Испания, Португалия, Италия, включая Сардинию и Сицилию, Греция, включая Крит, Кипр, Палестина, Ливан, Сирия, Трансиордания (ныне Иордания), Египет, Алжир, Тунис и Марокко, где в районе Рабата и Феса он обнаружил «царство средиземноморских твердых пшениц», лучшие представители которого пополнили коллекцию ВИР. Экспедиции 1925–26 гг. П. М. Жуковского в Турцию и Грецию (о. Родос) и В. В. Марковича в Палестину (1926 г.) также обогатили коллекцию твердой пшеницы новыми ценными образцами.

Цель настоящих исследований – морфологическая и агробиологическая сравнительная характеристика местных сортов твердой пшеницы Средиземноморья из коллекции ВИР в естественных для этой культуры климатических и агрономических условиях.

Материалы и методы

Объектом исследований служили 313 местных сортов твердой пшеницы из 20 стран и областей Средиземноморья, сохраняемых в коллекции ВИР (табл. 2).

Эксперимент проводили на полях исследовательской станции Тель Хадия Международного центра сельскохозяйственных исследований в засушливых регионах (ICARDA, Сирия) в полевых сезонах 1999/2000 и 2000/001 гг. Продолжительность сезона – с октября по июнь месяц. Координаты станции: 36°35' E и 36°05' N, высота 284,37 м над у. м. Почвы – красноземы «Terra Rossa» или «Red Mediterranean Soil». Климат близок к Средиземноморскому, но более засушливый, зимы значительно холоднее. Средние многолетние максимальные температуры достигают 40°C, минимальные приближаются к 0°C. Количество осадков относительно умеренное со средним многолетним числом 348 мм. Метеорологические условия в годы проведения исследований незначительно различались по температурному режиму, но отличались по количеству осадков в весенний период (рис. 1, 2).

Таблица 2. Географическое разнообразие и число образцов твердой пшеницы, включенных в эксперимент
Table 2. Geographic diversity and the number of durum wheat accessions included in the experiment

Страна оригинатор	ISO	Число образцов		Всего	Страна- оригинатор	ISO	Число образцов		Всего
		2000	2001				2000	2001	
Кипр	CYP	10	–	10	Сан-Марино	SMR	–	3	3
Алжир	DZA	35	–	35	Иордания	JOR	10	–	10
Египет	EGY	9	–	9	Ливан	LBN	–	5	5
Испания	ESP	10	13	23	Марокко	MAR	11	–	11
Греция	GRC	5	1	6	Израиль	ISR	30	–	30
Греция, Крит	GRC	–	7	7	Португалия	PRT	–	13	13
Италия, в т. ч.:	ITA	20	26	46	Сирия	SYR	20	–	20
Сицилия	ITA	12	1	–	Тунис	TUN	21	–	21
Сардиния	ITA	2	25	–	Турция	TUR	50	–	50
Мальта	MLT	–	2	2	Северная Африка	–	–	12	12
Всего 17 стран и 3 области							231	82	

Методика исследований основывалась на следующих методических указаниях: Durum Wheat Germplasm Catalog (ICARDA, 1997), Rust scoring guide (CIMMYT, 1986), Международный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. (The international COMECON list of descriptors for the genus *Triticum* L., 1984), Методические указания по пополнению, сохранению в живом виде и изучению мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (Methodical instructions, 1999),

Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. (The Comprehensive unified list of descriptors for the genus *Triticum* L., 1989), Определитель пшеницы (Методические указания) (Dorofeev et al., 1980).

За период изучения была проведена полевая оценка комплекса показателей в течение периода от колошения до созревания и анализ колосового материала в лаборатории. В комплекс показателей входили морфологические характеристики (растение, лист, колос, зерно), биологические свойства (продолжительность вегетационного периода и составляющих его межфазных периодов, устойчивость к полеганию), устойчивость к болезням, агрономические характеристики (продуктивная кустистость, число колосков в колосе, число зерен в колоске, масса 1000 зерен, урожай зерна с делянки). В качестве стандартов (check) были взяты три сорта твердой пшеницы местной селекции – ‘Cham 1’, ‘Omrahi 3’ и ‘Naurani’. Кроме этого, в период созревания была проведена проверка разновидности каждого из изучаемых образцов в соответствии с внутривидовой систематикой вида *T. durum*, принятой в отделе пшениц ВИР (Dorofeev et al., 1979).

На основе полученных результатов исследований была создана компьютерная база данных с информацией по 44 полям. В дальнейшем при анализе результатов мы будем использовать аббревиатуру описательных и оценочных дескрипторов (табл. 3).

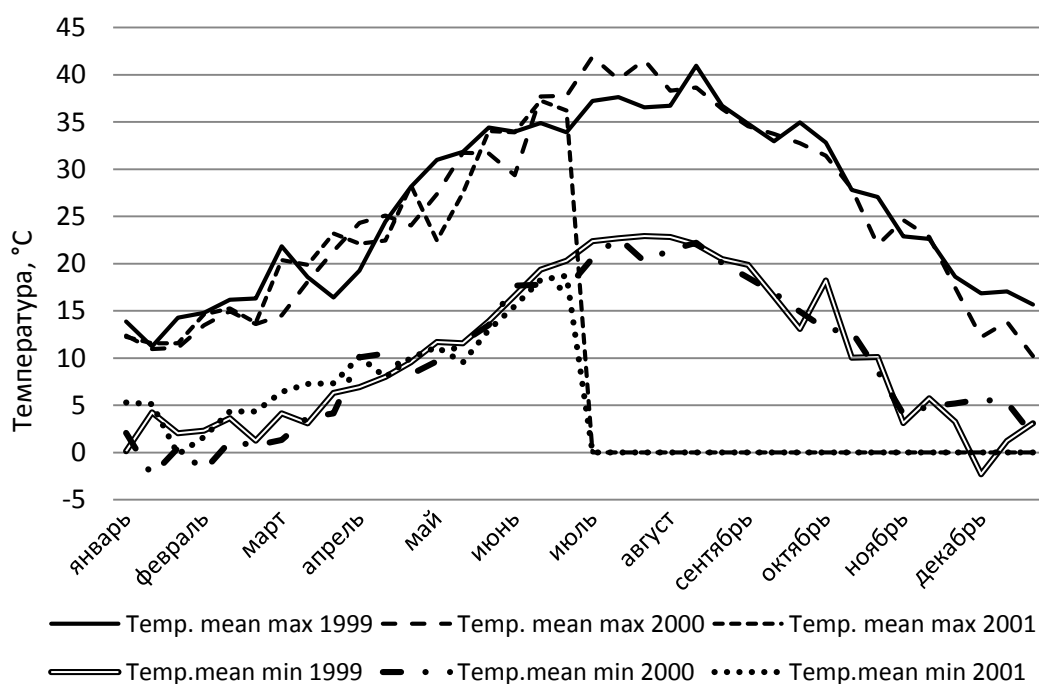


Рис. 1. График распределения среднемесячных температур в годы проведения эксперимента (Сирия, Тель Хадия, 1999–2001 гг.)

Fig. 1. The graph of mean monthly temperatures during the study (Tel Nadya, Syria, 1999–2001)

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований позволили дать сравнительную характеристику местных сортов твердой пшеницы из различных стран Средиземноморья по морфологическим и хозяйственно полезным признакам

и выделить лучшие и рекомендовать их в дальнейшем для генотипирования с использованием методов, основанных на применении молекулярных маркеров.

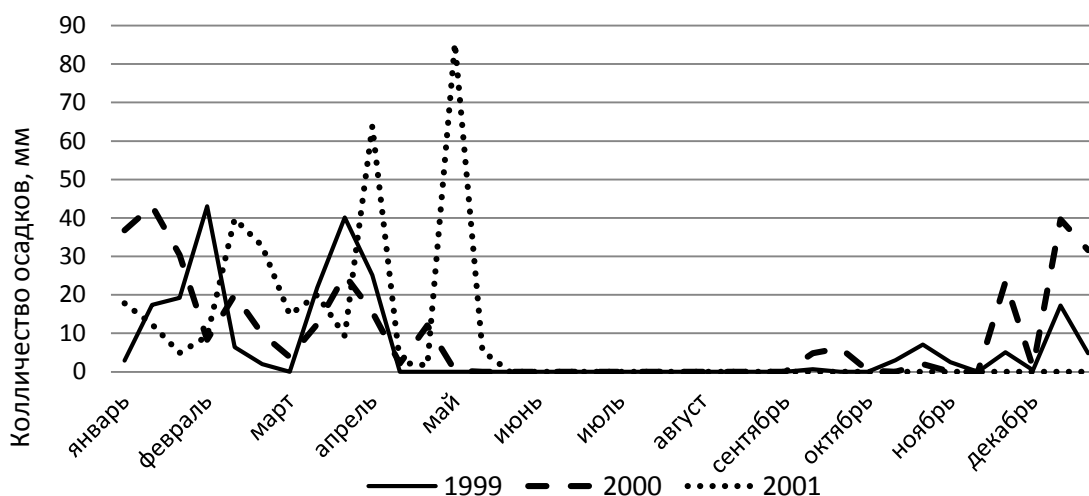


Рис. 2. График распределения осадков в годы проведения эксперимента (Сирия, Тель Хадия, 1999–2001)

Fig. 2. The graphs of precipitation distribution during the study (Tel Hadya, Syria, 1999–2001)

Морфологические признаки

Была проведена оценка морфологических признаков растения – форма куста, восковой налет на растении, число листьев на главном стебле, положение флагового листа, длина листовая пластинки флагового и 2-го сверху листа.

Форма куста большинства сортов прямостоячая, что является нечастым показателем для местных сортов. Слегка развалистую форму имели 5 сортов Греции, 8 – Италии, 2 – Португалии и по одному сорту Алжира и Израиля.

Восковой налет усиливает защитные свойства эпидермы, снижает транспирацию, частично отражает солнечные лучи, что важно при избыточной инсоляции, и тем самым способствует повышению засухоустойчивости. В той или иной степени, восковой налет выражен у большинства изученных местных сортов. Слабый восковой налет отмечен у всех местных сортов из Египта и Иордании, большей части сортов Израиля, единично у сортов Сирии, Туниса и Греции. Отсутствие воскового налета обнаружено у 13 сортов из Египта (к-8624, к-8629, к-8633, к-21196), Израиля (к-к-13321, к-15809, к-15811, к-17348), Иордании (к-17422, к-17424), Сирии (к-17108, к-17201) и Туниса (к-16480).

Листья сидячие, различные по своей длине, ширине и отношению между ними. Листовая пластинка линейно-ланцетной формы. Величина ассимилирующей поверхности растения и продолжительность периода ее функционирования влияют на интенсивность фотосинтеза, а флаговый лист обладает самой высокой фотосинтетической активностью (Kumakov, 1985; Kornilov, 1969). Это, в свою очередь, оказывает влияние на продукционный процесс. Средиземноморские твердые пшеницы отличаются крупными, т.е. длинными и широкими листьями. Все сорта имели широкую листовую пластинку (2,5–3,0 см, балл 7,9). Среднее число листьев на главном стебле у образцов разного происхождения колебалось от 3,2 до 5,2 шт. При этом наибольшее число листьев на главном стебле было у сортов Турции. Средняя длина листовая пластинки флагового листа была в пределах от 12 до 25 см. Длинный флаговый лист имели сорта из Алжира,

Египта и Марокко. Можно выделить сорта с наиболее крупными листьями и высокой облиственностью из Алжира – ‘Adjini velu’ (к-16285), ‘Adjini lisse’ (к-16286), ‘Azizi 28’ (к-16302), ‘Hamra’ (к-16289), ‘Rieti’ (к-16311); Египта – ‘Beladi Massari’ (к-17285), Италии – к-18569, ‘Calbigia’ (к-19935), к-19959, ‘Saragolla’ (к-18540), ‘Trigu Canu’ (к-20100); Марокко – ‘BDM 018’ (к-16399), ‘Maizza’ (к-16413); Туниса – ‘Mekki 13’ (к-16508) и Турции – к-14405, к-14406, к-14409, к-14413, к-14414, к-14419, к-14426, ‘Секиль-бугдай’ (к-16606), ‘Шам - бугдай’ (к-20882), ‘Торчи’ (к-21072), ‘Ходжа-бугдай’ (к-21112), ‘Киприс- бугдай’ (к-21119). Есть сорта с короткой, но также широкой листовой пластинкой из Греции (к-21716), Иордании (к-17386), Израиля (к-15793, 17355), Сирии (к-17128,17146) и Турции (к-14429).

Таблица 3. Описательные и оценочные дескрипторы для базы данных
Table 3. The list of characterization and evaluation descriptors used in databases

Название поля	Дескриптор / Descriptor	Описание / Description
Морфологические признаки / Morphological characters		
GHA	Growth habit	Форма куста
PHT	Plant height	Высота растения
WAX	Waxiness of plant	Восковой налет на растении
SLE	Spike length	Длина колоса
SDE	Spike density	Плотность колоса
GCO	Glume color	Окраска колосковой чешуи
GPB	Glume pubescence	Опушение колосковой чешуи
AWN	Awedness	Остистость
KSH	Kernel shape	Форма зерновки
KCO	Kernel color	Окраска зерновки
NLMS	Number of leaves-main stem	Число листьев на главном стебле
STS	Stem solidness	Выполненность соломины
LFA	Leaf-flag attitude	Флаговый лист – положение
LFL	Leaf-flag length	Листовая пластинка флагового листа – длина
L2L	Leaf-2 length	Листовая пластинка (2-я сверху) – длина
Биологические свойства / Biological properties		
THE	Days to heading	Количество дней до колошения
TMY	Days to maturity	Количество дней до созревания
GFP	Grain-filling period	Продолжительность вегетационного периода
LOR	Lodging resistance	Устойчивость к полеганию
Полевая устойчивость к болезням / Resistance to diseases		
YRR	Resistance to Yellow Rust	Устойчивость к желтой ржавчине
LRR	Resistance to Leaf Rust	Устойчивость к бурой ржавчине
SNR	Resistance to Septoria Nodorum	Устойчивость к септориозу колоса
Хозяйственная характеристика / Agronomic characters		
TLC	Productive tillering capacity	Кустиность продуктивная
SGS	Spikelets per spike	Число колосков в колосе
KPS	Kernels per spike	Число зерен в колосе
KMPS	Kernels mass per spike	Масса зерна с колоса
TKM	1000-kernel mass	Масса 1000 зерен
GRY	Grain yield per plot	Масса зерна с делянки
AS	Agronomic score	Агрономическая оценка

Оценка морфологических признаков колоса, остей, колосковой чешуи и зерновки была проведена для идентификации разновидности сорта. В соответствии с системой рода *Triticum*, разработанной в отделе пшениц ВИР (Dorofeev at al., 1979), твердая пшеница считается самостоятельным видом – *T. durum* Desf. Внутри вида рассматривают 2 подвида: subsp. *durum* и subsp.

horanicum Vav. Подвид собственно твердых пшениц (subsp. *durum*) имеет 6 групп разновидностей (convar.): *durum*, *durocompactum* Flaksb., *aglossicon* Dorof. et A. Filat., *villosum* (Jakubz.) Dorof. et A. Filat., *falcatum* (Jakubz.) Dorof. et A. Filat., *caucasicum* (Dorof.) Dorof. В свою очередь, в составе convar. *durum* выделено 3 подгруппы разновидностей – subconvar. *durum*, *muticum* (Orlov) Dorof. et A. Filat. и *duroramosum* Dorof. Всего описаны 121 разновидность и 29 форм.

Среди средиземноморских местных твердых пшениц встречаются разновидности обоих подвидов и 3-х групп: convar. *durum*, *durocompactum* и *falcatum*. Наибольшее разнообразие наблюдалось среди образцов из Туниса, Марокко, Иордании и Испании. Так, местные пшеницы Туниса большей частью безостые и плотноколосые. Среди пшениц из Марокко чаще встречаются опушенные плотноколосые либо длинноколосые с фалькатным (серповидным) зерном и черными остями. Испанские местные пшеницы в основном имеют неопушенный колос с черными остями и белым зерном. Пшеницы из Иордании, Сирии и Палестины представлены разнообразием хоранского подвида – низкорослые, с коротким и очень плотным колосом и расходящимися укороченными остями, округлым зерном. В большинстве местные средиземноморские пшеницы имеют опушенный колос с черными остями и красным зерном. Проведение идентификации выявило новые разновидности и формы. С их описанием можно ознакомиться в нашей статье (Луаринова, 2017).

Агробиологические характеристики

Вегетационный период. Проблема скороспелости сортов является одной из важных, поскольку в большинстве регионов возделывание позднеспелых, потенциально более урожайных сортов ограничивается климатическими и агрономическими факторами. Определяя скороспелость по сроку колошения, исследователи считают, что он лучше, чем срок созревания, характеризует сорта по склонности к той или иной продолжительности вегетационного периода. При выделении источников для селекции на скороспелость мы также ориентировались на количественную характеристику продолжительности межфазного периода всходы-колошение. Коэффициент корреляции между числом дней до колошения и числом дней до созревания имел высокое положительное значение ($r = +0,915$). Результаты оценки данного периода у включенных в эксперимент местных сортов твердой пшеницы позволяют дать сравнительную характеристику фенотипической изменчивости признака и выделить источники для использования в селекции на скороспелость. Дополнительной информацией являются данные оценки продолжительности периодов колошение-созревание и всходы-созревание.

Для характеристики изучаемых образцов по этим признакам нами был использовано ранжирование, когда абсолютные величины (число дней) переводятся в относительные (ранги), что позволяет сравнивать образцы, выращенные в различающихся условиях, отражая как реакцию каждого образца, так и общую изменчивость выраженности признака. Использование ранжирования связано с разными сроками посева образцов твердой пшеницы в 2000 г. и несколькими годами исследования. Так образцы, включенные в первый посев (блок I), были посеяны на 15 дней раньше, чем образцы, включенные во второй (блок II). При таких условиях сравнение абсолютных величин приводит к ошибочным выводам. Ранжирование проводили следующим образом: определяли размах варьирования анализируемого показателя у изучаемых образцов в каждом из блоков и делили его на ранги из расчета – один ранг равняется 5 дням. Минимальное значение признака имело ранг 1 (табл. 4).

Таблица 4. Ранжирование продолжительности периода всходы-колошение
Table 4. Ranking by the number of days from shoots to heading

Годы изучения	Объект	Число образцов	Ранг/дни							Размах варьирования
			1	2	3	4	5	6	7	
2000-I	T. durum	45	123–127	128–132	133–137	138–142	143–147	148–149	–	30
	Стандарты	3	124,4							
2000-II	T. durum	186	107–111	112–116	117–121	122–126	127–131	132–136	137–141	43
	Стандарты	3	111,4							
2001	T. durum	82	128–132	133–137	138–142	143–147	148–152	153–157	158–159	32
	Стандарты	3	131,0							

Примечание: здесь и далее – стандарты ‘Cham 1’, ‘Omrahi 3’ и ‘Naurani’

Таблица 5. Сравнительная характеристика продолжительности вегетационного периода у местных сортов твердой пшеницы различного происхождения (Сирия, Тель Хадия)

Table 5. Growing season of durum wheat landraces sorted by countries of their origin (Tel Hadya, Syria)

Страны-оригинаторы		Период всходы-колошение				Период всходы-созревание				Период колошение-созревание		
Название	ISO	ранг	дни			ранг	дни			дни		
		средний	средний	min	max	средний	средний	min	max	средний	min	max
2000 г. (блок I)												
Иордания	JOR	1,4	128,6	127	136	2,2	166,4	165	170	37,8	34	41
Израиль	ISR	2,1	130,7	123	140	2,1	166,5	161	172	35,8	31	42
Греция	GRC	3,8	139,2	134	141	4,0	175,4	172	177	36,2	35	38
Стандарты	SYR	1,2	124,4	123	135	1,6	164,1	160	172	40,7	37	45
2000 г. (блок II)												
Сирия	SYR	2,8	118,2	107	129	2,8	151,3	141	161	33,1	28	39
Кипр	CYP	2,9	118,6	114	124	2,3	149,9	145	157	31,3	28	35
Египет	EGY	3,1	120,1	111	129	2,9	152,3	145	157	32,2	27	35
Тунис	TUN	3,4	121,4	118	128	3,0	152,7	147	158	31,3	25	36
Алжир	DZA	3,6	122,3	119	128	3,4	154,9	151	180	32,5	28	53
Марокко	MAR	3,9	123,5	121	128	3,1	154,4	152	158	30,9	27	34
Испания	ESP	4,3	126,3	120	131	4,5	164,4	151	180	38,3	28	52
Италия	ITA	4,8	127,7	118	132	4,6	159,7	148	163	32,0	29	36
Турция	TUR	4,8	127,9	120	132	4,1	159,6	152	163	31,2	28	35
Стандарты	SYR	1,3	111,4	107	114	1,7	147,1	145	151	36,7	32	41
2001 г.												
Ливан	LBN	3,2	141,2	133	147	3,2	183,2	178	189	40,0	35	45
Греция	GRC	3,5	143,0	135	159	3,3	183,8	180	192	40,8	33	45
Испания	ESP	4,5	147,4	141	158	3,9	186,4	181	193	38,8	35	43
Португалия	PRT	4,6	148,8	131	159	4,1	187,7	180	195	38,9	31	49
Италия	ITA	4,9	149,5	144	159	4,4	187,8	184	193	38,2	33	42
Мальта	MLT	4,0	141,5	135	148	3,5	185,0	184	186	43,5	38	49
Сан-Марино	SMR	5,0	149,0	148	151	5,0	189,7	189	191	40,6	40	41
Сев. Африка	-	4,0	143,6	135	153	3,6	185,6	180	192	42,0	39	45
Стандарты	SYR	1,8	131,0	128	135	1,4	176,7	175	181	45,7	41	50

Полученные результаты позволяют дать сравнительную оценку изменчивости этого признака у местных сортов твердой пшеницы различного происхождения. Минимальное значение (ранг 2,1–2,2) у образцов из Израиля и Иордании было значительно ниже, чем у образцов других стран. Сорта из Италии, Португалии и Испании имели максимальное значение признака (табл. 5). Наиболее скороспелыми (ранг 1) были сорта из Египта (к-8634), Кипра (к-17872), Сирии (к-17095, к-17122, к-17190, к-17201), Израиля (к-15786, к-15788, к-15789, к-15793, к-15796, к-15809, к-15811, к-15819, к-17329, к-17331) и Иордании (к-17386, к-17390, к-17393, к-17397, к-17400, к-17419, к-17422, к-17424).

Высота растений и устойчивость к полеганию. Сравнивая высоту растений сортов различных стран, можно видеть, что в более засушливом сезоне 2000 г. сорта из Сирии и Египта были ниже, чем сорта из других стран, но выше современных селекционных сортов, взятых в качестве стандарта.

Таблица 6. Сравнительная характеристика высоты растений и устойчивости к полеганию у местных сортов твердой пшеницы различного происхождения (Сирия, Тель Хадия)

Table 6. Plant height of durum wheat landraces and their resistance to lodging sorted by countries of their origin (Tel Hadya, Syria)

Страны оригинаторы		Высота растений (см)			Устойчивость к полеганию (балл)*		
Название	ISO	средний	min	max	средний	min	max
2000 г.							
Сирия	SYR	99,1	67,5	115,0	1,4	1	2
Египет	EGY	104,7	87,5	125,0	1,2	1	2
Греция	GRC	104,0	97,5	110,0	1,2	1	2
Иордания	JOR	107,0	100,0	112,5	1,8	1	2
Израиль	PAL	107,8	95,0	122,5	1,6	1	3
Кипр	CYP	106,8	92,5	120,0	1,2	1	2
Алжир	DZA	110,9	95,0	127,5	1,2	1	2
Италия	ITA	111,3	90,0	122,5	1,1	1	2
Тунис	TUN	111,3	95,0	125,0	1,0	1	1
Испания	ESP	112,5	97,5	120,0	1,0	1	1
Марокко	MAR	113,0	107,5	120,0	1,0	1	1
Турция	TUR	110,6	90,0	132,5	1,0	1	1
Стандарты	SYR	74,3	70,0	80,0	1,0	1	1
2001 г.							
Испания	ESP	114,9	100,5	137,5	2,3	2	3
Португалия	PRT	117,2	107,5	131,5	2,4	2	3
Ливан	LBN	118,7	108,5	128,0	3,0	3	3
Италия	ITA	123,2	108,0	137,5	2,2	1	3
Греция	GRC	127,6	116,	140,0	2,7	2	3
Мальта	MLT	114,3	113,0	115,5	2,5	2	3
Сан-Марино	SMR	125,5	116,5	132,5	2,0	2	2
Сев.Африка	-	116,6	96,5	130,5	2,4	1	3
Стандарты	SYR	87,3	82,5	92,5	1,2	1	2

Примечание: балл 1 – очень высокая, 2 – средняя, 3 – очень низкая

Следует отметить, что большая часть сортов, включая и высокорослые сорта из Туниса и Алжира, были устойчивы к полеганию. Обильное выпадение осадков

весной 2001 г., естественно, повлияло на высоту растений. В среднем, сорта из всех стран были выше, а устойчивость к полеганию – ниже (табл. 6).

Староместные сорта твердой пшеницы были оценены на устойчивость к желтой ржавчине в полевых условиях на фоне естественных рас желтой ржавчины северной Сирии в 2000 г.

Таблица 7. Распределение реакции на желтую ржавчину у староместных сортов твердой пшеницы (Сирия, Тель Хадия, 2000 г.)

Table 7. Distribution of the response to yellow rust among durum wheat landraces (Tel Hadya, Syria, 2000)

Тип реакции	Шкала		Образцы	
	Категория	Средний коэффициент инфекции	число	%
Нет видимой инфекции на растении	O	0,0	12	5,2
Устойчивый	R	0,2	41	17,7
Умеренно устойчивый	MR	0,4	103	44,6
Промежуточный	M	0,6	56	24,3
Умеренно восприимчивый	MS	0,8	16	6,9
Восприимчивый	S	1,0	3	1,3
		Всего:	231	100

Таблица 8. Распределение коэффициента инфекции желтой ржавчины у староместных сортов твердой пшеницы по странам (Сирия, Тель Хадия, 2000 г.)

Table 8. Distribution of the response to yellow rust among durum wheat landraces sorted by countries of their origin (Tel Hadya, Syria, 2000)

Страны-оригинаторы		Число образцов	YRR-CI		
Название	ISO		среднее	min	max
Испания	ESP	10	0,07	0,0	0,4
Греция	GRC	5	0,20	0,2	0,2
Сирия	SYR	20	0,32	0,0	0,6
Турция	TUR	50	0,36	0,2	0,6
Алжир	DZA	35	0,41	0,0	0,6
Иордания	JOR	10	0,40	0,2	0,6
Тунис	TUN	21	0,48	0,2	0,8
Израиль	PAL	30	0,40	0,2	0,6
Кипр	CYP	10	0,54	0,4	0,6
Италия	ITA	20	0,56	0,0	0,8
Египет	EGY	9	0,80	0,4	1,0
Марокко	MAR	11	0,70	0,4	1,0
Стандарты	SYR	20	0,40	0,2	0,6

Результаты оценки позволили показать распределение реакции на болезнь среди изучаемых образцов и сравнить реакцию образцов различного происхождения (табл. 7, рис. 3). Можно отметить, что сорта из Испании и Греции более устойчивы, чем сорта других стран. В наибольшей степени поражаются сорта из Марокко и Египта (табл. 8). Отсутствие симптомов поражения

наблюдалось у сортов из Алжира (к-16285), Испании (к-20516, 20572, 20603, 20648), Италии (к-18507) и Сирии (к-17102, 17120, 17126, 17191).

Поражение твердой пшеницы *бурой ржавчиной и септориозом колоса* не столь характерно для условий проведения полевого опыта, как поражение желтой ржавчиной. Однако кратковременное, но обильное выпадение осадков в середине мая 2001 г. способствовало проявлению этих болезней и позволило провести оценку на устойчивость к ним. Сорта были умеренно устойчивы к бурой листовой ржавчине или имели промежуточную реакцию, а к септориозу колоса – устойчивы или умеренно устойчивы (табл. 9, см. рис. 3). Сравнивая устойчивость образцов различного происхождения, можно отметить, что более устойчивы к бурой ржавчине были сорта из Ливана, а к септориозу колоса сорта из Италии, Мальты и Сан-Марино (табл. 10). Иммунными к бурой ржавчине были сорта из Северной Африки (к-10928) и Португалии (к-20716, к-29414), к септориозу колоса – из Италии (к-20123, к-20129) и Португалии (к-20703).

Таблица 9. Распределение реакции на бурую ржавчину и септориоз у староместных сортов твердой пшеницы (Сирия, Тель Хадия, 2001 г.)
Table 9. Distribution of the response to leaf rust and *Septoria nodorum* among durum wheat landraces (Tel Hadya, Syria, 2001)

Шкала			Бурая ржавчина		Септориоз колоса	
			Образцы			
Тип реакции	Категория	Средний коэффициент инфекции	число	%	число	%
Нет видимой инфекции на растении	O	0,0	3	3,7	4	4,9
Устойчивый	R	0,2	14	17,1	30	36,6
Умеренно устойчивый	MR	0,4	32	39,0	28	34,1
Промежуточный	M	0,6	32	39,0	16	19,5
Умеренно восприимчивый	MS	0,8	1	1,2	4	4,9
Восприимчивый	S	1,0	0	0	0	0
Всего			82	100	82	100

Для сравнения средиземноморских местных сортов по такому хозяйственно важному признаку, как *продуктивность*, была проведена оценка элементов, его определяющих: длина колоса (SLE), число колосков в колосе (SGS), число зерен в колосе (KPS), масса 1000 зерен (TKW), урожай зерна с делянки (GRY) (табл. 11). При сравнении показателей продуктивности следует учитывать различия в условиях двух сезонов эксперимента. Данные оценки в первом сезоне могут говорить о потенциальной засухоустойчивости сортов с высокими показателями элементов продуктивности. Обильное выпадение осадков весной второго сезона показывает потенциальные возможности местных сортов в более благоприятных условиях выращивания. В результате анализа полученных данных были выделены источники высоких показателей данных признаков.

В первом сезоне наиболее *длинный колос* имели сорта из Италии и Греции, длина колоса сортов других стран была средней, но все они были длиннее стандарта, но более рыхлые. Самый длинный колос (15 см) у итальянского сорта 'Calbigia' (к-19935). Во втором сезоне наибольшая длина колоса была у сортов из Португалии, Италии, Греции и Мальты. Самый длинный колос (16 см) имел сорт к-20707 (Португалия). Интерес представляют сорта со средней длиной (6–7 см)

и высокой плотностью (D 40-43) колоса: к-17327 (Израиль), к-17786, к-17807, к-17872 (Кипр), к-16415, к-34834 (Марокко), к-43793 (Сан-Марино), к-10927 (Сев. Африка), к-17190 (Сирия), к-16508, к-16509 (Тунис).

Наибольшее число колосков было у сортов из Испании (к-20518, к-20528, 20610), Италии (к-18507), Сардинии (к-20113, к-20122, к-20137, к-20173), Португалии (к-20688, к-20690, к-20707, к-20716), Северной Африки (к-10937), Турции (к-14396).

Таблица 10. Распределение коэффициента инфекции бурой ржавчины и септориоза у староместных сортов твердой пшеницы по странам (Сирия, Тель Хадия, 2001 г.)

Table 10. Distribution of the response to leaf rust and *Septoria nodorum* among durum wheat landraces sorted by countries of their origin (Tel Hadya, Syria, 2001)

Страны-оригинаторы		Число образцов	Бурая ржавчина			Септориоз		
Название	ISO		Средний коэффициент инфекции			Средний коэффициент инфекции		
			среднее	min	max	среднее	min	max
Греция	GRC	8	0,55	0,4	0,6	0,35	0,2	0,6
Италия	ITA	25	0,42	0,0	0,6	0,30	0,2	0,6
Испания	ESP	13	0,46	0,2	0,8	0,43	0,2	0,8
Ливан	LBN	5	0,20	0,2	0,2	0,64	0,4	0,8
Мальта	MLT	2	0,60	0,6	0,6	0,30	0,2	0,4
Португалия	PRT	14	0,43	0,0	0,6	0,37	0,0	0,6
Сан-Марино	SMR	3	0,47	0,2	0,6	0,20	0,2	0,2
Северная Африка	-	12	0,43	0,2	0,6	0,37	0,0	0,6
Стандарты	SYR	29	0,23	0,0	0,6	0,20	0,0	0,4

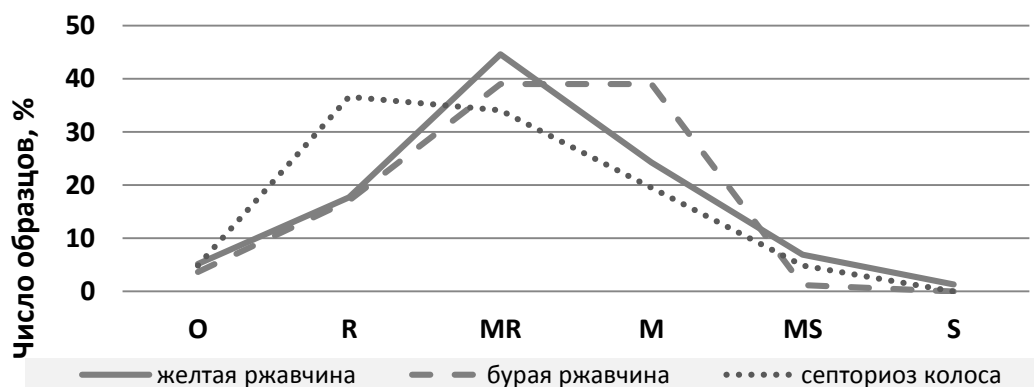


Рис. 3. Распределение реакции на желтую, бурую листовые ржавчины и септориоз колоса для староместных сортов твердой пшеницы (Сирия, Тель Хадия, 2001 г.)

Fig. 3. Distribution of the response to yellow and leaf rust and *Septoria nodorum* among durum wheat landraces (Tel Hadya, Syria, 2001)

В условиях засухи сорта ни одной из стран не превысили стандарт по числу зерен в колосе, только отдельные сорта из Турции (к-14424) и Иордании (к-17397) можно выделить по этому признаку. Увеличение осадков положительно отразилось на сортах из Испании, Италии (Сардинии) и Сан-Марино (см. табл. 11). Значительно превысили стандарт по числу зерен в колосе сорта к-17763 (Греция), к-20508, 20509, 20518 (Испания), к-20122, 20129, 20133, 20134, 20137, 20143, 20144, 20149, 20170 (Сардиния), к-23026 (Мальта), к-20688 (Португалия), к-43793 (Сан-Марино).

Таблица 11. Компоненты продуктивности местных сортов твердой пшеницы Средиземноморья (Сирия, Тель Хадия)
Table 11. Components of productivity of the Mediterranean durum landraces (Syria, Tel Hadya)

Страна оригинатор		Длина колоса (см) (SLE)			Число колосков в колосе (SGS)			Число зерен в колосе (KPS)			Масса 1000 зерен (г) (TKW)			Масса зерна с делянки (г) (GRY)		
Название	код	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
2000 г.																
Алжир	DZA	8,4	6	10	22,2	19	26	38,0	18	49	41,1	31,6	50,8	219,5	121	410
Греция	GRC	9,6	8	11	23,8	20	26	48,0	41	55	41,5	20,0	50,3	285,6	135	324
Египет	EGY	7,7	6	9	21,8	20	23	40,9	32	46	37,5	24,2	48,3	274,3	174	379
Израиль	PAL	8,9	6	11	22,5	17	26	41,1	29	51	42,7	32,2	54,4	379,9	116	518
Иордания	JOR	8,6	8	10	22,6	21	25	45,0	37	62	45,0	36,1	49,5	472,1	339	590
Испания	ESP	8,0	6	9	22,3	20	25	33,2	24	43	42,0	35,2	48,2	171,7	147	190
Италия	ITA	9,4	7	15	23,6	16	27	38,1	21	55	42,7	24,7	52,2	299,0	117	372
Кипр	CYP	7,5	6	10	21,7	19	24	44,0	43	57	38,5	33,8	46,3	237,8	147	305
Марокко	MAR	7,5	6	10	22,7	21	25	41,9	28	54	43,2	30,4	51,2	191,3	115	297
Сирия	SYR	8,2	6	10	21,8	18	26	39,8	28	49	43,4	37,2	52,4	314,7	150	447
Тунис	TUN	7,9	5	10	21,9	19	25	41,7	30	57	42,0	37,4	47,4	264,8	127	378
Турция	TUR	8,7	5	10	23,1	14	27	36,8	11	67	41,0	30,9	50,2	168,4	125	286
Check Omrabi 3	SYR	7,3	7	8	20,6	19	22	56,4	52	66	45,2	42,4	51,0	497,1	387	634
2001 г.																
Греция	GRC	10,4	9	11	23,6	22	27	52,8	43	71	48,3	43,3	57,0	503,8	452	564
Испания	ESP	9,4	8	12	24,8	22	30	57,5	42	78	48,5	40,3	53,8	260,7	184	382
Италия, Сардиния	ITA	10,7	7	14	26,4	23	31	58,7	33	77	48,6	38,2	56,8	279,8	120	499
Ливан	LBN	8,7	7	10	24,0	22	26	47,9	34	55	46,4	45,8	48,4	432,4	327	492
Мальта	MLT	10,0	8	12	25,7	24	29	50,0	35	76	46,7	45,6	47,7	276,0	192	360
Португалия	PRT	11,1	9	16	24,4	18	31	51,9	27	69	44,2	31,5	49,1	284,8	118	521
Сан-Марино	SMR	8,0	7	11	26,8	23	28	61,7	32	82	51,9	47,2	55,1	252,3	151	306
Сев. Африка	-	8,8	6	14	22,9	17	30	49,1	21	67	55,2	46,0	61,6	351,5	216	542
Check Omrabi 3	SYR	7,1	7	8	20,5	18	22	55,7	42	67	47,5	43,3	50,0	603,7	453	688

Масса 1000 зерен – важный показатель качества зерна – положительно коррелирует с крупностью зерна, его стекловидностью, плотностью, содержанием эндосперма. В первом сезоне только сорта Иордании были на уровне стандарта по этому показателю. Превышали стандарт (52-54 г) сорта к-15769, к-15789 (Израиль), к-18510 (Италия), к-17123 (Сирия). Во втором сезоне у большей части сортов этот показатель увеличился. Превысили стандарт сорта Греции, Испании, Италии (Сардинии), Сан-Марино и Северной Африки (см. таб. 11.). Высокая масса 1000 зерен (55-62 г) была у сортов к-17763 (Греция), к-20610 (Испания), к-20145 (Сардиния), к-43794 (Сан-Марино) и к-10933 (Сев. Африка).

Масса зерна с делянки ни у одного из местных сортов в обоих сезонах эксперимента не превысила стандартный сорт ‘Omragi 3’. На наш взгляд, это закономерно, поскольку говорить о высокой продуктивности староместных сортов не приходится. Как мы уже отметили, они обладают высокими показателями отдельных элементов продуктивности, чем и интересны. Можно сделать сравнение между сортами разных стран и выделить наиболее продуктивные из них. В первом сезоне наиболее продуктивными, более устойчивыми к высоким температурам и низкой почвенной влаге были местные сорта из Иордании, Израиля и Сирии (см. табл. 11). Отдельные сорта имели достаточно неплохие показатели массы зерна с делянки: к-17386, к-17389, к-17393, к-17397, к-17400, к-17419 (Иордания), к-15777, к-15788, к-15789, к-15796, к-15819, к-17331 (Израиль) и сорт ‘Naran Sheke Miskin’ (к-17122, Сирия). Во втором сезоне с несколько большим запасом почвенной влаги наиболее продуктивными были местные сорта из Греции и Ливана (см. табл. 11). Здесь можно выделить следующие сорта: к-39562, к-39565 (Греция, Крит), к-10935 (Сев. Африка), к-20509 (Испания), к-20090, к-20123, к-20129 (Италия, Сардиния), к-17089, к-17092 (Ливан), ‘Lobeiro’ (к-20703) и ‘Amarelo de Barba Preta’ (к-29414) из Португалии.

Заключение

Анализ результатов сравнительного изучения староместных сортов твердой пшеницы Средиземноморья показывает их большое разнообразие по морфологическим признакам и несомненную ценность отдельных сортов, выделенных по тем или иным важным хозяйственным признакам. Практически все страны имеют староместные сорта с какими-либо ценными признаками. Особенно можно выделить сорта Сардинии, которые очень разнообразны по окраске колоса, остей и зерновок, наличию или отсутствию опушения, и при этом большинство из них обладает целым рядом ценных хозяйственных признаков. Большой потенциал у местных сортов из Греции, Израиля, Иордании, Испании, Италии (Сицилии), Сан-Марино, Сирии, Турции и Северной Африки. Естественно, что за прошедшее время сорта большинства стран активно использовались в селекции. Родословные многих современных сортов включают староместные сорта своих стран. В настоящее время особое беспокойство вызывает «обеднение» разнообразия современных сортов. Этот процесс имеет место в большинстве стран и волнует многих исследователей. Например, в Италии в «Cereal Research Centre – CRA-CER» активно проводят изучение своих староместных сортов (Laido G. et al., 2013). Цель исследований – характеристика образцов итальянских коллекций зерновых для создания новых сортов для культивирования в Средиземноморье. В частности, проводят исследования генетической эрозии различных сортов пшеницы, в особенности сортов *T. durum*, чтобы выработать возможные стратегии защиты генетической изменчивости, следуя традиционным подходам и/или используя инновационные методы, основанные на применении молекулярных маркеров. Этот пример очень наглядно показывает новые направления изучения и использования староместных сортов в своих регионах.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0013 «Развитие теоретических основ ботаники, филогении, систематики, генетики, физиологии, биохимии культурных растений и разработка традиционных и современных молекулярных методов оценки растительных ресурсов по признакам качества, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам и другим хозяйственно важным признакам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710370-0.

Автор выражает благодарность за помощь в полевых работах сотрудникам отдела генетических ресурсов ICARDA (Сирия, Алеппо).

References/Литература

- Arora R. K. The Indian gene centre – Priorities and prospects for collection // In Plant genetic resources: Indian perspective, NBPGR, New Delhi, 1988, pp. 66–75.
- Belaid A. Durum wheat in WANA: Production, trade, and gains from technological change // Seminar “Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges”. Options Mediterraneennes. Zaragoza, Spain, 2000, Series A, no. 40. pp. 35–49.
- Cillis Ugo De. I Frumenti Siciliani. Catania, Tip. Zuccarello & Izzi, 1942. 350 p.
- Damania A. B., Valkoun J., Humeid B. O., Pecetti L., Srivastava J. P., Porceddu E. Durum Wheat Germplasm Catalog. Syria, ICARDA, GRU, 1997, 488 p.
- Dorofeev V. F., Filatenko A. A., Migushova E. F. Identifier of Wheat (Methodical instructions). Leningrad : VIR, 1980, 105 p. [in Russian] (Дорофеев В. Ф., Филатенко А. А., Мигушева Э. Ф. Определитель пшеницы (Методические указания). Л. : ВИР, 1980, 105 с.)
- Dorofeev V. F., Filatenko A. A., Migushova E. F., Udaczin R. A., Jakubziner M. M. Cultivated flora of the USSR. Wheat. Leningrad : Kolos, 1979, V. 1, 436 p. [in Russian] (Дорофеев В. Ф., Филатенко А. А., Мигушева Э. Ф., Удачин Р. А., Якубцинер М. М. Культурная флора СССР. Пшеница. Л. : Колос. 1979, Т. 1, 436 с.)
- Kornilov A. A. Biological basis for high yields of cereals. Moscow : Kolos, 1969, 240 p. [in Russian] (Корнилов А. А. Биологические основы высоких урожаев зерновых культур. М. : Колос, 1969, 240 с.)
- Kumakov V. A. Physiological substantiation of wheat varieties models. Moscow : Kolos, 1985, 270 p. [in Russian] (Кумаков В. А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М. : Колос, 1985, 270 с.)
- Laido G., Mangini G., Taranto F., Gadaleta A., Blanco A., Cattivelli L., Marone D., Mastrangelo A. M., Papa R., De Vita P. Genetic diversity and population structure of tetraploid wheats (*Triticum turgidum* L.) estimated by SSR, DArT and pedigree data. PLoS One. 2013; 8(6):e67280. DOI: 10.1371/journal.pone.0067280.
- Liapounova O. Collection of durum wheat global genetic resources at VIR. // Seminar “Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges”. Options Mediterraneennes. Zaragoza, Spain, 2000, Series A, no. 40. pp. 153–156.
- Lyapunova O. A. Intraspecific Classification of Durum Wheat: New Botanical Varieties and Forms // Rus. J. Genet. : Appl. Res., 2017, vol. 7, no. 7, pp. 757–762. DOI: 10.1134/S2079059717070048
- Replenishment, preservation in a living form and study of the world collection of wheat, aegilops and triticale (Methodical instructions). St. Petersburg : VIR, 1999, 82 p. [in Russian] (Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (Методические указания). СПб. : ВИР, 1999, 82 с.)
- Rust scoring guide. Mexico. CIMMYT. 1986. 11 p.
- Schreiber L. Wheat from the Mediterranean islands // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Series V, no. 2. Cereals. 1934. 312 p. [in Russian] (Шрейбер Л. Пшеницы средиземноморских островов // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. Серия V, № 2. Зерновые культуры. 1934. 312 с.)
- Srivastava J. P., Damania A. B., Pecetti L. Landraces, primitive forms and wild progenitors of macaroni wheat *Triticum durum*: their use in dryland agriculture // Proc. 7th Int. Wheat Genet. Symp. Oxford University Press: Oxford. England, 1988, pp. 153–158.
- The Comprehensive unified list of descriptors for the genus *Triticum* L. Leningrad: VIR, 1989, 44 p. [in Russian] (Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Л. : ВИР, 1989. 44 с.)
- The international COMECON list of descriptors for the genus *Triticum* L. Leningrad : VIR, 1984, 85 p. [in Russian] (Международный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Л. : ВИР, 1984, 85 с.)
- Vavilov N. I. Five continents. Leningrad : Nauka, 1987, p. 125 [in Russian] (Вавилов Н. И. Пять континентов. Л. : Наука, 1987, С. 125).

УДК: 631.52(06):633.11+633.14

**В. А. Успенская¹,
Л. П. Бекиш¹,
Н. Н. Чикида²**

¹Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», 188338, Россия, Ленинградская обл., Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, д. 1, e-mail: lenniish@mail.ru, melinda_08@mail.ru,

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44 e-mail: n.chikida@mail.ru

Ключевые слова:

скороспелость, короткостебельность, продуктивность, устойчивость, полегание, комплекс признаков

Поступление:

30.08.2018

Принято:

19.09.2018

ИСТОЧНИКИ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ

Актуальность. В решении обеспечения возрастающей потребности животноводства в высококачественных кормах, а населения в экологически чистых продуктах питания важным резервом является культура тритикале, сочетающая высокий потенциал продуктивности пшеницы с высокими адаптивными свойствами ржи. Однако расширению производства тритикале в Северо-Западном регионе препятствуют нерешенные селекционно-генетические проблемы: склонность к полеганию, прорастание в колосе, нестабильность продуктивности, недостаточная устойчивость к болезням. В этой связи дальнейшее развитие селекции в условиях Северо-Западного региона связано с изучением генофонда тритикале, синтезом оригинального исходного материала, созданием новых высококачественных, урожайных сортов. **Материал и методика.** Полевые и лабораторные исследования проводились на опытной базе Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Закладку опытов и статистическую обработку материала осуществляли по общепринятой методике. Фенологические наблюдения, полевую и лабораторную оценки проводили согласно методическим указаниям и классификаторам ВИР, фитопатологическую оценку – согласно общепринятым методикам. **Результаты и заключение.** По результатам трехлетнего (2015–2017 гг.) изучения коллекционного материала озимой тритикале различного эколого-географического происхождения выделены источники отдельных хозяйственно ценных признаков: *скороспелости*: ‘Дон’ (к-3637), ‘Алмаз’ (к-3908), ‘Прорыв’ (к-3763), ‘Интерес’ (к-3968), ‘Пшеничное’ (к-3965), ‘АДМ-6’ (к-3544), ‘АДМ-9’ (к-3421), ‘Утро’ (к-3926); *короткостебельности*: ‘Рамзай’ (к-4071), ‘Самурай’ (к-4072), ‘Скиф’ (к-3931), ‘Завет’ (к-4020), ‘Прорыв’ (к-3763), ‘Дозор’ (к-4021), ‘Князь’ (к-4076), ‘Л-372’ (к-2806), ‘Пшеничное’ (к-3965), ‘Кроха’ (к-3929); *продуктивности*: ‘Импульс’ (к-3999), ‘Прометей’ (к-3900), ‘Квазар’ (к-3938), ‘Интерес’ (к-3968), ‘Тризуб’ (к-3969), ‘Папсуевская’ (к-3924), ‘Свitezь’ (к-3963), ‘Топаз’ (к-3909), ‘Dawitol’ (к-4002), ‘Prado’ (к-3865); *толерантные к Septoria tritici Rob. et Desm.*: ‘ПРАГ 536’ (к-3945), ‘ПРАГ 456’ (к-3946), ‘Квазар’ (к-3938), ‘Прометей’ (к-3900), ‘Святозар’ (к-3940), ‘Яша’ (к-3912). По комплексу признаков выделены образцы, которые рекомендованы в качестве исходного материала для селекции озимой тритикале на Северо-Западе РФ: ‘Топаз’ (к-3909), ‘Дон’ (к-3637) ‘Тризуб’ (к-3969), ‘Интерес’ (к-3968), ‘Пшеничное’ (к-3965), ‘Свitezь’ (к-3963), ‘Амулет’ (к-3956), ‘Импульс’ (к-3999), ‘Квазар’ (к-3938), ‘Dawitol’ (к-4002). Выделены перспективные линии, обладающие комплексом хозяйственно ценных признаков: [(Никлап × Антей) × Л21620] × Fidelio и (Никлап × Антей) × АДМ-9.

V. A. Uspenskaja¹,
L. P. Bekish¹,
N. N. Chikida²

¹Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», 1, Institutskaya St., Belogorka Village, Gatchina District, Leningrad Province, 188338, Russia
e-mail: lenniish@mail.ru, melinda_08@mail.ru

²N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44, Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia, e-mail: n.chikida@mail.ru

Key words:

early maturity, dwarfness, productivity, resistance, lodging, complex of traits

Received:

30.08.2018

Accepted:

19.09.2018

SOURCES OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS FOR WINTER TRITICALE BREEDING IN THE NORTHWEST OF THE RUSSIAN FEDERATION

Background. As a crop, triticale is an important source that can be used to meet the growing needs of animal husbandry in high-quality feeds and of the population in organic products. Triticale combines the high productivity potential of wheat with high adaptability of rye. However, the expansion of triticale production in the Northwestern Region of the Russian Federation is hindered by the unresolved breeding and genetic problems, like tendency to lodging, sprouting in the ear, unstable productivity and insufficient disease resistance. In this regard, the further development of breeding in the Russian Northwest depends on studying the triticale gene pool and synthesis of original initial material for the creation of new high-yielding varieties. **Material and methods.** Field and laboratory studies were conducted at the experimental base of the "BELOGORKA" Leningrad Research Institute. The experimental design and statistical data processing followed the standard technique. Phenological observations, field and laboratory assessments were carried out according to the standard methods. **Results and conclusion.** The three-year study (2015–2017) of the winter triticale collection material of different ecogeographic origin has resulted in the identification of genetic sources of individual important agronomic traits, such as *early maturity* (e.g., 'Don' (k-3637), 'Almaz' (k-3908), 'Proryv' (k-3763), 'Interes' (k-3968), 'Pshenichnoe' (k-3965), 'ADM-6' (k-3544), 'ADM-9' (k-3421), 'Utro' (k-3926)), *dwarfness* (e.g., 'Ramzaj' (k-4071), 'Samurai' (k-4072), 'Skif' (k-3931), 'Zavet' (k-4020), 'Proryv' (k-3763), 'Dozor' (k-4021), 'Knyaz' (k-4076), 'L-372' (k-2806), 'Pshenichnoe' (k-3965), 'Kroha' (k-3929)), *productivity* (e.g., 'Impul's' (k-3999), 'Prometey' (k-3900), 'Kvazar' (k-3938), 'Interes' (k-3968), 'Trizub' (k-3969), 'Papsuevskaya' (k-3924), 'Svityaz' (k-3963), 'Topaz' (k-3909), 'Dawitol' (k-4002), 'Prado' (k-3865)), and *disease resistance* (e.g., 'PRAG 536' (k-3945), 'PRAG 456' (k-3946), 'Kvazar' (k-3938), 'Prometey' (k-3900), 'Svyatozar' (k-3940), 'Yasha' (k-3912)). The accessions with a set of important traits that have been selected as the initial material for breeding winter triticale in the Northwest of the Russian Federation include 'Topaz' (k-3909), 'Don' (k-3637) 'Trizub' (k-3969), 'Interes' (k-3968), 'Pshenichnoe' (k-3965), 'Svityaz' (k-3963), 'Amulet' (k-3956), 'Impul's' (k-3999), 'Kvazar' (k-3938), and 'Dawitol' (k-4002). The lines [(Niklap × Antei) × L-21620] × Fidelio and (Niklap × Antei) × ADM-9 have been identified as two promising lines with a complex of economically valuable traits.

Введение

Озимая тритикале – это эволюционно молодая синтетическая культура, которая за короткий период своего становления вышла во многих сельскохозяйственных районах на значительные производственные площади.

Тритикале хорошо сочетает ценные признаки и свойства, присущие ржи (высокая экологическая пластичность) и пшенице (урожайность, качество зерна). Большой интерес вызывает высокая продуктивность и потенциальные возможности этой культуры. К другим достоинствам тритикале следует отнести высокую ее приспособляемость к различным типам почв.

Растения тритикале устойчивы ко многим болезням, свойственным зерновым культурам, практически не поражаются мучнистой росой, твердой и пыльной головней, бурой ржавчиной. Одним из достоинств этой культуры является повышенное содержание белка в зерне, что делает перспективным использование ее на корм.

К недостаткам, свойственным озимой тритикале, относятся: большое варьирование по годам урожайности, склонность к полеганию и прорастанию зерна на корню, ее позднеспелость, сильное поражение снежной плесенью.

Устранить перечисленные недостатки возможно с помощью селекции – создания новых сортов тритикале с высоким потенциалом продуктивности, устойчивых к полеганию и прорастанию зерна, с хорошей зимостойкостью и более коротким вегетационным периодом.

Изучение качественно новых генетических источников и выделение особо ценных признаков или их комплексов на естественном фоне позволит существенно повысить эффективность создания перспективного селекционного материала, адаптированного к условиям региона.

Поиск новых источников хозяйственно ценных признаков для селекции тритикале в условиях Северо-Западного региона требует предварительного всестороннего изучения образцов из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) и перспективных линий селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка».

Основным направлением селекционной работы с озимой тритикале в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» является зерно-кормовое. При этом создание скороспелых сортов для Северо-Запада РФ – одна из важнейших задач, стоящих перед селекционерами. Раннеспелость сортов позволит провести уборку в оптимальные агротехнические сроки, более эффективную сушку и получить семена с высокими посевными качествами. В данном случае решаются важные проблемы озимой тритикале – прорастание зерна в колосе, его физиологическая морщинистость, что особенно актуально при выращивании зерновых в зоне избыточного увлажнения.

Для решения поставленных задач необходим широкий поиск новых генетических источников среди многообразия мировой коллекции ФГБНУ ФИЦ ВИР и надежных доноров, способных передать эти признаки по наследству. В качестве генетических источников были использованы не только коллекционные образцы, но и ранее созданный перспективный селекционный материал как наиболее приспособленный к почвенно-климатическим условиям Северо-Западного региона Российской Федерации.

Материал и методика

В качестве исходных форм изучены 102 образца гексаплоидных тритикале из коллекции тритикале Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) различного эколого-географического происхождения.

В качестве стандарта использован районированный в регионе сорт 'Корнет', характеризующийся комплексной полевой устойчивостью к ржавчинам, мучнистой росе, сочетающий высокую продуктивность со скороспелостью.

Основным методом селекционной работы является внутривидовая гибридизация. В работе использованы следующие принципы: а) оценка мирового генетического разнообразия коллекционных образцов тритикале для подбора пар для скрещивания; б) отбор элитного растения по рецессивным апробационным признакам; в) индивидуально – семейный отбор по биологическим и хозяйственно ценным признакам; г) из гибридных популяций F₂–F₅ проводятся многократные отборы элитных растений до получения константных форм; д) в расщепляющихся линиях селекционных питомников проводятся повторно отборы элитных колосьев, для формирования гомозиготной популяции по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Закладку опытов осуществляли по общепринятой методике полевого опыта (Dospřehov, 1985). Фенологические наблюдения, полевую и лабораторную оценку проводили в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Methods..., 1989), методическими указаниями ВИР (Conservation, reproduction..., 1999), международному классификатору СЭВ рода *Triticale* L. (International classifier..., 1984). Иммунологическую характеристику расчета степени развития и распространения болезни проводили согласно методике ВИЗР (Geshele, 1978).

Результаты исследований

Коллекция озимой тритикале в изучении представлена лучшими образцами отечественной и зарубежной селекции: из России, Польши, Украины, Беларуси, Молдовы, Канады, Испании. Особое внимание было обращено на выделение из них скороспелых, продуктивных форм, устойчивых к полеганию, септориозу, в целом по комплексу хозяйственно полезных признаков.

Одним из важнейших признаков озимой тритикале, с которым связаны урожайность и выполненность зерна, является продолжительность вегетационного периода, которая складывается из длительности межфазных периодов в процессе роста и развития растений в конкретных погодных условиях. От продолжительности межфазных периодов зависит и группа спелости, к которой отнесен образец.

В результате фенологических наблюдений за период изучения в условиях Ленинградской области особое внимание было обращено на дату колошения, которая в годы изучения была разной. Сорта озимой тритикале коллекционного питомника были ранжированы по группам спелости: раннеспелая, средне- и позднеспелая. В 2017 г. у раннеспелых сортов она приходилась на 18 июня, у позднеспелых сортов на 27 июня, остальные составили среднеспелую группу. Погодно-климатические условия в период изучения коллекционных образцов складывались по-разному: 2015 г. характеризовался оптимальными показателями температуры и осадков в течение всего вегетационного периода; 2016 г. характеризовался проявлением высоких температур в первой и третьей декадах

мая, что привело к ускорению наступления фазы колошения (на 10 дней раньше, чем в 2015 г.); 2017 г. характеризовался затяжной холодной и дождливой весной, что сказалось на длительном характере наступления фазы колошения растений тритикале (на 14–16 дней позже, чем в 2016 г., на 5 дней позже, чем в 2015 г.).

За годы изучения озимой тритикале в условиях, контрастных по погодно-климатическим показателям, нами выделена небольшая группа скороспелых образцов, которая показала относительную стабильность по колошению и созреванию во все годы изучения, сформировав при этом достаточно высокую продуктивность растений (290,0 г/п.м.) в сочетании с высокой устойчивостью к листовым болезням (7–9 баллов), полеганию (5 баллов) и выполненности зерна (5–4 балла). Большинство изученных образцов были отнесены к группе среднеспелых. По итогам трехгодичного изучения (2015–2017 гг.; табл. 1) были выделены образцы, которые созревали одновременно или раньше стандартного сорта.

Таблица 1. Агробиологическая характеристика скороспелых образцов тритикале (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2015–2017 гг.)

Table 1. Agrobiological characteristics of early-maturing samples Triticale (Leningrad Research Institute for Agricultural Science "Belogorka", 2015–2017)

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Дата начала колошения, год			Масса зерна, г/ п.м.	Устойчивость, балл		Оценка по зерну, балл
			2015	2016	2017		к полеганию,	к листовым болезням*	
3636	Корнет, St.	Ростов	15.06	5.06	18.06	168,0	5	5–7	5
3637	Дон	Ростов	13.06	3.06	18.06	130,0	5	7–9	5
3908	Алмаз	Ростов	12.06	3.06	18.06	160,0	5	5	4
3763	Прорыв	Краснодар	13.06	3.06	18.06	141,1	5	9	5
3544	АДМ-6	Украина	13.06	3.06	18.06	159,0	5	7	5
3968	Интерес	Украина	13.06	3.06	18.06	290,4	5	7	5
3965	Пшеничное	Украина	13.06	3.06	18.06	148,0	5	7–9	4
3421	АДМ-9	Украина	13.06	3.06	18.06	160,0	5	7	5
3926	Утро	Белоруссия	13.06	3.06	18.06	130,0	5	5–7	5

* 0 баллов – неустойчив, 9 баллов – устойчив; St. – стандарт.

Одним из лимитирующих факторов повышения урожайности в условиях влажного климата Ленинградской области и длинного светового дня является полегание образцов тритикале, которое может привести к потере до 50% урожая, препятствуя механизированной уборке посевов, увеличивает предуборочное прорастание зерна, поражаемость болезнями, ухудшая его технологические и семенные качества.

Устойчивость к полеганию тесно связана с высотой и прочностью соломины, поэтому одним из основных путей устранения этого недостатка является создание низкорослых форм озимой тритикале. Данная проблема в настоящее время успешно решается путем создания сортов с оптимальной высотой (90–110 см), прочным стеблем и хорошо развитой корневой системой. По этим показателям около половины изученных образцов были отнесены к этой группе, хотя условия для проявления полегания в последние годы складывались по-разному. В 2016–2017 гг. процент устойчивых сортов был более низким из-за обильных

осадков, выпавших в период налива и созревания зерна в сочетании с сильными ветрами. Высокую устойчивость к полеганию за трехлетний период показали сорта отечественной селекции. Низкую оценку по данному признаку получили 7 % исследуемых образцов.

Высота растений у сортов находилась в диапазоне от 85 до 150 см, короткий стебель ниже 100 см имели 17 образцов. Устойчивость к полеганию в годы исследований у них была высокой – 4–5 баллов по пятибалльной шкале, однако по продуктивности данные формы не превышали стандартный сорт. В контрастные по погодным условиям годы среди изученного сортимента озимой тритикале выделены генотипы, сочетающие короткостебельность с высокой устойчивостью к полеганию и листовым болезням, которые можно рекомендовать в качестве ценного исходного материала для дальнейшего использования в селекционных программах (табл. 2).

Одним из основных факторов создания устойчивых продуктивных сортов является их устойчивость к листовым болезням. По данным Е. И. Гультяевой (Gulytaeva, 2007), в Северо-Западном регионе к наиболее распространенным относится септориоз. Возбудитель *Septoria tritici* Rob. et Desm. образует на листьях продолговатые светло-коричневые пятна (рис. 1) с белесостью колосковых чешуй и черными пикнидами на колосе (рис. 2). Заражение конидиями и их распространение происходит дождем и росой. Развитию заболевания способствует прохладная влажная погода. Возбудитель сохраняется на остатках соломы и осыпавшемся зерне.



а) 3-5) 7 9 9 9 9

Рис. 1. Поражение листьев тритикале септориозом:

а) 3-5 баллов; б) 7-9 баллов

Fig. 1. Septoria leaf blotch of triticales :

а) 3-5 points; в) 7-9 points



Рис. 2. Поражение колоса тритикале септориозом:

белесость колосковых чешуй
Fig.2. Septoria blotch of triticales progressed to the ear: whiteness of ear scales

По данным О. В. Гонтаренко, Л. Т. Бабаянц, М. А. Гержова (Gontarenko, Babayants, Gerzhova, 1998), а также Агроэкологическому атласу России (Afonin et al., 2008), септориозные пятнистости в России становятся лидирующими заболеваниями. Их доля в структуре популяций возбудителей болезней увеличилась с 15 до 37%. Частота эпидемий составляет 4–5 лет из 10. При благоприятных условиях поражение растений достигает 80–90%. При поражении

септориозом уменьшается ассимиляционная поверхность листьев, отмечается недоразвитость колоса. Потери урожая при умеренном развитии болезни могут составлять 10–15%, при эпифитотийном до 30–50%. Именно температуры в диапазоне от +15°C до +25°C и влажность воздуха в пределах 70–95% с частыми дождливыми периодами позволяют интенсивно развиваться этим патогенам.

Таковыми показателями характеризовались условия в годы изучения озимых тритикале в Ленинградской области, что послужило хорошим провокационным фоном для оценки развития септориоза на образцах тритикале и позволило отобрать генотипы с минимальными характеристиками поражения патогеном.

В селекционном плане проблема септориоза является трудной задачей из-за того, что отсутствуют надежные доноры устойчивости к *Septoria tritici*. Нет четких критериев отбора резистентных генотипов, т. к. устойчивость к данному виду контролируется множеством механизмов, каждый из которых обеспечивает сопротивляемость растений на определенных этапах развития, поэтому такая устойчивость к септориозу нестабильна. Отбор генотипов, устойчивых к заболеванию, выявление доноров резистентности, обладающих различными механизмами защиты, среди коллекционного, селекционного материала и изучение их хозяйственно полезных признаков актуальны для тритикале. За годы изучения в коллекции озимой тритикале не обнаружено совершенно иммунных сортов. Выделены слабовосприимчивые, у которых путем многократного отбора из гибридной популяции выделены генотипы относительно устойчивые (толерантные) к септориозу, поражение у которых составляет 1–3 балла: 'ПРАГ 536' (к-3945), 'ПРАГ 456' (к-3946) (Дагестан), 'Квазар' (к-3938) (Ставрополь), 'Прометей' (к-3900) (Беларусь), 'Святозар' (к-3940), 'Яша' (к-3912) (Саратов).

Среди изученных коллекционных образцов выделены 12 с длиной соломины до 115 см, сочетающих повышенную устойчивость к листовым болезням с хорошей продуктивностью и качеством зерна (табл. 3).

Высокая продуктивность данных образцов обеспечивается за счет разных компонентов. Наиболее важный компонент – число зерен в колосе, который зависит от числа фертильных цветков в нем. Озерненность колоса у исследуемых образцов варьировала от 65 до 88%. Самая высокая озерненность наблюдалась у таких сортов, как 'Интерес', 'Тризуб', 'Prado'. По количеству зерен в колосе выделены 'Импульс', 'Квазар', 'Интерес', 'Тризуб', 'Свитязь'. По массе зерна с колоса выделился образец 'Папсуевская', несмотря на то, что этот образец имел морщинистое, плохо выполненное зерно. Такие сорта, как 'Интерес', 'Свитязь' сформировали хороший урожай за счет высокой продуктивной кустистости и многозерности колоса.

На основе полученных данных по продуктивности, хорошей выполненности зерна, устойчивости к полеганию, скороспелости выделены 10 образцов, которые используются в селекционном процессе (табл. 4).

Выделенные в разные годы источники хозяйственно полезных признаков дали начало таким перспективным линиям, как [(Никлап × Антей) × Л21620] × Fidelio и (Никлап × Антей) × АДМ-9 и другие, которые сегодня проходят конкурсное и Государственное сортоиспытание (рис. 3).

Заключение

Проведена комплексная оценка коллекционных образцов тритикале различного эколого-географического происхождения по основным хозяйственно-биологическим признакам применительно к задачам селекции в условиях Северо-Западного региона РФ.

Таблица 2. Источники короткостебельности образцов тритикале (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2015-2017 гг.)
Table 2. The sources of short-stemmed samples of triticale (Leningrad Research Institute for Agricultural Science "Belogorka", 2015–2017)

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Высота стебля (см)				Устойчивость, балл		Продуктивность, гр/м.п., среднее	Оценка по зерну, балл
			2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	к полеганию	к листовым болезням*		
3636	Корнет St.	Ростов	110	115	115	113,0	5	5–7	168,0	5
4071	Рамзай	Ростов	90	90	95	91,7	5	7	140,0	4
4072	Самурай	Ростов	90	90	95	91,7	5	7–9	143,0	3
3931	Скиф	Ростов	95	95	95	95,0	5	7	138,0	4
4020	Завет	Ростов	95	100	95	96,7	5	7–9	105,7	4
3763	Прорыв	Краснодар	95	95	100	96,7	5	9	141,1	5
4021	Дозор	Краснодар	100	100	100	100,0	5	9	123,8	4
4076	Князь	Краснодар	90	85	90	88,0	5	7–9	85,0	4
2806	Л-372	Украина	95	95	100	96,7	5	7	158,2	4
3965	Пшеничное	Украина	100	100	100	100,0	5	7–	148,0	4
3929	Кроха	Самара	85	85	90	86,7	5	5–7	116,0	3

*Примечание: 0 баллов – неустойчив, 9 баллов – устойчив; St. – стандарт

Таблица 3. Элементы структуры урожая высокопродуктивных образцов тритикале (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2015–2017 гг.)

Table 3. The elements of harvest structure of highly productive varieties of triticale (Leningrad Research Institute for Agricultural Science "Belogorka", 2015–2017)

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Высота, см	Устойчивость к полеганию, балл	Масса зерна, г/ п.м.	Длина колоса, см	Кол-во зерен в колосе, шт.	Завязываемость семян, %	Масса зерна с колоса, г	Оценка по зерну, балл
3636	Корнет St.	Ростов	110	5	168,0	9,5	60	83	3,0	5
3899	Импульс	Белоруссия	110	5	230,0	10,5	79	77	3,6	5
3900	Прометей	Белоруссия	120	4	194,0	10,5	70	82	3,7	4
3938	Квазар	Ставрополь	125	4	200,7	10,2	78	73	3,7	5
3968	Интерес	Украина	112	5	290,4	11,0	78	85	3,7	5
3969	Тризуб	Украина	110	5	240,7	12,0	74	86	3,6	5
3924	Папсуевская	Украина	125	4	205,0	11,8	72	70	4,0	4
3963	Связь	Украина	115	4	315,0	11,0	79	76	4,2	5
3909	Топаз	Ростов	105	5	192,0	10,0	67	72	3,1	4
4002	Dawitol	Польша	115	5	235,4	11,5	72	81	3,5	4
3865	Prado	Польша	115	5	204,5	9,1	67	88	3,2	4

Примечание: St. – стандарт

Таблица 4. Высокопродуктивные образцы тритикале, рекомендованные как исходный материал для селекции на Северо-Западе РФ (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2015–2017 гг.)

Table 4. Varieties of triticale recommended as source material for breeding in the North-West of Russia (Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka", 2015–2017)

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Группа по созреванию	Высота, см	Продуктивность, г/м.п.	Устойчивость, балл		Оценка, балл	
						к полеганию	к листовым болезням*	по зерну	общая полевая
3636	Корнет St.	Ростов	ранняя	111,7	168,0	5	5–7	5	5
3909	Топаз	Ростов	средняя	105,0	192,0	5	7–9	4	4
3932	Сколот	Ростов	средняя	105,0	175,0	5	7–9	4	4
3969	Тризуб	Украина	ранняя	112,3	240,7	5	7	5	5
3968	Интерес	Украина	ранняя	115,0	290,4	5	7	5	5
3965	Пшеничное	Украина	ранняя	100,0	148,0	5	7–9	4	5
3963	Свитязь	Украина	средняя	115,0	315,0	4	5–7	5	4
3956	Амулет	Белоруссия	ранняя	112,0	173,0	5	3–5	4	4
3999	Импульс	Белоруссия	средняя	112,7	230,0	5	5–	5	5
3938	Квазар	Ставрополь	средняя	125,0	200,7	4	3–5	5	5
4002	Dawitol	Польша	средняя	115,0	235,4	5	5–7	4	4

Примечание: St. – стандарт



а)



б)

Рис. 3. Перспективный для Ленинградской области зерно-кормовой сорт озимой тритикале ‘Билинда’, переданный на ГСИ (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2016 г.)

а) внешний вид растения; б) зерно, колос

Fig. 3. Perspective for Leningrad region specie of fodder winter triticale ‘Bilinda’, was transferred to the Government Commission (Leningrad Research Institute of Agriculture Science "Belogorka", 2016)

а) appearance of the plant; б) grain, ear

Выявлены источники отдельных хозяйственно ценных признаков из образцов мировой коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова:

скороспелости: ‘Дон’ (к-3637), ‘Алмаз’ (к-3908), ‘Прорыв’ (к-3763), ‘Интерес’ (к-3968), ‘Пшеничное’ (к-3965), ‘АДМ-6’ (к-3544), ‘АДМ-9’ (к-3421), ‘Утро’ (к-3926);

короткостебельности: ‘Рамзай’ (к-4071), ‘Самурай’ (к-4072), ‘Скиф’ (к-3931), ‘Завет’ (к-4020), ‘Прорыв’, ‘Дозор’ (к-4021), ‘Князь’ (к-4076), ‘Л-372’ (к-2806), ‘Пшеничное’ (к-3965), ‘Кроха’ (к-3929);

продуктивности: ‘Импульс’ (к-3999), ‘Прометей’ (к-3900), ‘Квазар’ (к-3938), ‘Интерес’ (к-3968), ‘Тризуб’ (к-3969), ‘Папсуевская’ (к-3924), ‘Святиязь’ (к-3963), ‘Топаз’ (к-3909), ‘Dawitol’ (к-4002), ‘Prado’ (к-3865);

толерантные к Septoria tritici Rob. et Desm.: ‘ПРАГ 536’ (к-3945), ‘ПРАГ 456’ (к-3946), ‘Квазар’ (к-3938), ‘Прометей’ (к-3900), ‘Святозар’ (к-3940), ‘Яша’ (к-3912).

По комплексу признаков выделены образцы, которые рекомендованы в качестве исходного материала для селекции озимой тритикале на Северо-Западе РФ: ‘Топаз’ (к-3909), ‘Дон’ (к-3637), ‘Тризуб’ (к-3969), ‘Интерес’ (к-3968), ‘Пшеничное’ (к-3965), ‘Святиязь’ (к-3963), ‘Амулет’ (к-3956), ‘Импульс’ (к-3999), ‘Квазар’ (к-3938), ‘Dawitol’ (к-4002).

Выделены две перспективные линии, обладающие комплексом хозяйственно ценных признаков: [(Никлап × Антей) × Л-21620] × Fidelio и (Никлап × Антей) × АДМ-9.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематического плана НИР Ленинградского НИИСХ «БЕЛОГОРКА» по теме № 0672-2014-0011, номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А-18-118012900112-2 и тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015, номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-11640710369-4.

References/Литература

- Afonin A. N., Greene S. L. Dzyubenko N. I., Frolov A. N. (eds.). Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds [Online]. 2008. Available at: <http://www.agro9atlas.ru>. [in Russian] (Афонин А. Н., Грин С. Л., Дзюбенко Н. И., Фролов А. Н. (ред.) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD-версия]. 2008. <http://www.agroatlas.ru>).
- Conservation, reproduction and study of the collections of wheat, triticale and aeilops: methodical instructions of VIR. 1999, 35p. [in Russian] (Сохранение, размножение и изучение коллекции пшеницы, тритикале и эгилопсов: методические указания ВИР. СПб. : ВИР, 1999. 35 с.)
- Dospichov B. A. Methods of field experience. Moscow, 1985, 335 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 335 с.).
- Geshele E. E. Fundamentals of phytopathological evaluation in plant breeding plants. M., 1978, 205 p. [in Russian] (Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М. 1978. 205 с.)
- Gontarenko O. V., Babayants L. T., Gerzhova M. A. Leaf blight of wheat and triticale in Sothern Ukraine // Mycology and plant pathology. 1998, vol. 32, iss. 2, pp. 61–64 [in Russian] (Гонтаренко О. В., Бабаянц Л. Т., Гержова М. А. Пятнистости листьев пшеницы и тритикале на юге Украины // Микология и фитопатология. 1998. Т. 32, вып. 2. С. 61–64).
- Gulyaeva E. I. et all. Crops diseases in the North-West region of Russia. Plant protection and quarantine. 2017, no. 6, pp. 15–16 [in Russian] (Гульяева Е. И. и др. Болезни зерновых культур в Северо-Западном регионе России // Защита и карантин растений. 2007. № 6. С. 15–16).
- The international comecon list of descriptors for the genus *Triticum* L. Leningrad, : VIR, 1989, 44 p. [in Russian] (Международный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. / Сост. : А. А.Филатенко, И. П. Шитова, под ред. В. А. Корнейчук Л.: ВИР, 1989. 44 с.).
- Method of state variety testing of agricultural crops. Moscow, 1989, iss. 2, 194 p. [in Russian] (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. Вып. 2. 194 с.).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-95-103

УДК 634.11:631.52+632

О. Н. Барсукова

Филиал Майкопская опытная станция
Федерального исследовательского
центра Всероссийского института
генетических ресурсов растений
им. Н. И. Вавилова.
385746, Россия, Республика Адыгея,
Майкоп, п/о Шунтук,
п. Подгорный, ул. Научная, д.1,
e-mail: semenov50@mail.ru

Ключевые слова:

яблоня, виды, урожайность,
устойчивость к болезням, позднее
цветение, декоративность

Поступление:

05.06.2018

Принято:

19.09.2018

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

СОСТАВ КОЛЛЕКЦИИ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ ЯБЛОНИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ В СЕЛЕКЦИИ

Актуальность. Дикорастущие виды яблони (*Malus* Mill., Rosaceae) являются важным резервом источников хозяйственно ценных признаков для нужд настоящей и будущей селекции. Особое внимание было уделено иммунологической характеристике генофонда. Главные гены устойчивости к болезням, находящиеся в диких видах, способствуют доминированию этого признака и закреплению в потомстве. Но постоянно эволюционирующая вирулентность возбудителей ставит перед необходимостью поиска и использования в селекции источников новых неидентичных генов устойчивости к болезням. Кроме того, очень актуальна проблема создания сортов с поздними сроками цветения, что обусловлено участвовавшими в последние годы поздневесенними заморозками, что наносит значительный ущерб урожаю яблонь и других плодовых культур. Поэтому мобилизация, сохранение и изучение генетического разнообразия дикорастущих видов яблони является необходимым условием для выделения ценных форм и использования их в селекции. **Материалы и методы.** Сбор дикорастущих видов яблони на филиале Майкопской опытной станции ВИР осуществлен благодаря многочисленным экспедициям сотрудников станции и ВИР в различные центры происхождения культур. В настоящее время коллекция насчитывает 319 видов, разновидностей и форм, представляющих секции *Docyniopsis* (С.К. Schneid.) Langenf., *Sorbomalus* Zabel., *Gymnomeles* Koehe, *Chloromeles* (Decne) Rehd и *Malus*, приведенные согласно системе В. Т. Лангенфельда. Изучение хозяйственно-биологических особенностей видеобразцов проводилось согласно методическим указаниям ВИР. **Результаты и выводы.** В результате многолетнего изучения коллекции были выделены виды, разновидности, формы и межвидовые гибриды, обладающие такими ценными признаками, как высокая урожайность, устойчивость к болезням, поздние сроки цветения, а также скороплодность, слаборослость, декоративность и другие. Наиболее перспективными являются видеобразцы, обладающие комплексом ценных признаков. Так, в секции *Sorbomalus* высокая ежегодная урожайность, устойчивость к болезням и декоративные качества отмечены у *M. sieboldii* (Rehd.) Langenf. (к-43201), *M. × sargentii* (Rehd.) Langenf. (к-2428), *M. × floribunda* Siebold (к-2346), а также у гибридов – *M. sieboldii* × Спартан (к-41289) и *M. × floribunda* × Ренет Симиренко (к-41285); в секции *Gymnomeles* – у *M. baccata* (L.) Borkh. (к-2316, к-2317, к-2327 и др.), *M. hupehensis* (Pamp.) Rehd. (к-14945), *M. mandshurica* (Maxim.) Kom. subsp. *sachalinensis* (Kom.) Likh. (к-890А); в секции *Malus* – у *M. × prunifolia* (Willd.) Borkh. (к-2444, к-2430). Кроме того, поздние сроки цветения и устойчивость к болезням характеризуют некоторые формы *M. orientalis* (Uglitz.) Juz. (к-14953, к-17979, к-29483 и др.) и *M. pumila* Mill. (к-2383 и к-2385). Исключительной декоративностью отличаются некоторые формы *M. × purpurea* (Barb.) Rehd. (к-2393, к-2396) и *M. spectabilis* (Ait.) Borkh. (к-2416, к-24995).

O. N. Barsukova

Maikop Experiment Station, branch of the
N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources (VIR).
1, Nauchnaya St., Podgorny Settlement,
P/O Shuntuk, Maikop, Republic of Adygea,
385746, Russia,
e-mail: semenov50@mail.ru

Key words:

apple-tree, species, productivity,
resistance to diseases, late flowering,
ornamental effect.

Received:

05.06.2018

Accepted:

19.09.2018

COMPOSITION OF THE COLLECTION OF WILD APPLE-TREE SPECIES AND ITS PROSPECTS FOR USE IN BREEDING

Background. Wild apple-tree species (*Malus* Mill., Rosaceae) are an important reserve of sources of economically valuable traits for the needs of present and future breeding. Particular attention was paid to the immunological characteristics of the gene pool. The main genes of disease resistance contained in wild species contribute to the dominance of this feature and its fixation in the progeny. However, constantly evolving virulence of pathogens poses the need to search for sources of new non-identical genes of disease resistance and use them in breeding practice. In addition, the task of developing late flowering cultivars is quite urgent because in recent years late spring frosts have become more and more frequent and caused significant damage to the yield of apple-trees and other fruit crops. Therefore, the need to mobilize, preserve and study the genetic diversity of wild apple-tree species is a necessary condition for the selection of valuable forms and their use in breeding practice. **Materials and methods.** The collection of wild apple-tree species maintained at Maikop Experiment Station of VIR was established thanks to the efforts of numerous collecting teams launched by the Station and VIR to the various centers of crop origin. At present, the collection comprises 319 species, varieties and forms representing the sections *Docyniopsis* (C.K. Schneid.) Langenf., *Sorbomalus* Zabel., *Gymnomeles* Koehne., *Chloromeles* (Decne) Rehd. and *Malus* on the systematics of V. Langenfelds. Economic and biological features of the species' accessions have been studied according to the guidelines of VIR. **Results and conclusions.** The long-term study of the collection resulted in identifying species, forms and interspecific hybrids with such valuable features as high yield, resistance to diseases, late flowering period as well as early fruiting, short stem, ornamentality and others. The most promising are the species with a set of valuable features. For example, within the *Sorbomalus* section, high annual yield, disease resistance and ornamental qualities were observed in *M. sieboldii* (Rehd.) Langenf. (k-43201), *M. × sargentii* Rehd. (k-2428), *M. × floribunda* Siebold (k-2346) as well as in the hybrids *M. sieboldii* × Spartan (k-41289) and *M. × floribunda* × Renet Simirenko (k-41285); within the *Gymnomeles* section, in *M. baccata* (L.) Borkh. (k-2316, k-2317, k-2327, etc.), *M. hupehensis* (Pamp.) Rehd. (k-14945), *M. mandshurica* (Maxim.) Kom. subsp. *sachalinesis* (Kom.) Likh. (k-890A); within the *Malus* section, in *M. × prunifolia* (Willd.) Borkh. (k-2444, k-2430). In addition, late flowering and disease resistance characterize some forms of *M. orientalis* (Ugl.) Juz. (k-14953, k-17979, k-29483, etc.) and *M. pumila* Mill. (k-2383 and k-2385). Some forms of *M. × purpurea* (Barb.) Rechd. (k-2393, k-2396) and *M. spectabilis* (Ait.) Borkh. (k-2416, k-24995) are distinguished by their exceptional ornamental effect

Введение

Успех селекции во многом зависит от рационального использования генетических ресурсов, включая дикорастущие виды как источники ценных генов для создания новых улучшенных сортов. Поэтому так актуальна работа по мобилизации, сохранению и изучению генетического разнообразия дикорастущих видов яблони, проводимая на филиале Майкопская опытная станция ВИР, созданной по инициативе Н. И. Вавилова в благоприятном эколого-географическом центре происхождения плодовых культур на Кавказе.

Материалы и методы

Уникальная коллекция дикорастущих видов яблони (*Malus* Mill., Rosaceae), собранная сотрудниками ВИР из всех центров происхождения культуры, насчитывает в настоящее время 319 видообразцов, представляющих секции *Docyniopsis* (С.К. Schneid.) Langenf., *Sorbomalus* Zabel., *Gymnomeles* Koehne., *Chloromeles* (Decne) Rehd. и *Malus*, приведенные согласно системе В. Т. Лангенфельда (Langenfelds, 1991). Изучение коллекции, включая фенологические наблюдения, устойчивость к болезням, урожайность и другие показатели проводили согласно Методическим указаниям ВИР (Study of resistance..., 1972, Nesterov, 1986). Оценка устойчивости проведена к таким заболеваниям, как парша – *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint., мучнистая роса – *Podosphaera leucotricha* Salm., а также бурая пятнистость листьев – *Phyllosticta mali* Pr. et Del., которая значительно усилила свою вредоносность в последние годы (Barsukova, 2015).

Результаты и обсуждение

В статье обобщены результаты всестороннего изучения коллекции дикорастущих видов, разновидностей и форм яблони (Barsukova, 2012, 2015, 2016, 2017) и выделены видообразцы, обладающие ценными хозяйственно-биологическими признаками, включая такие показатели, как урожайность, устойчивость к болезням, поздние сроки цветения и устойчивость к весенним заморозкам, скороплодность, слаборослость, декоративность и другие. В таблице представлены видообразцы выделенные по основным признакам в различных секциях рода *Malus*, начиная от самых примитивных и до наиболее продвинутых в эволюционном развитии. В таблице также указано количество видообразцов в каждой секции, включая основные виды, разновидности, формы и межвидовые гибриды. Краткое описание и фотографии многих из них даны в атласе (Barsukova, 2012).

Секция *Docyniopsis* (яблони доциниевидные) представлена в коллекции одним видом *M. sikkimensis* (Wenzig) Koehne (я. сиккимская, k-2412), полученном на станцию еще в 1931 году. В дикорастущем состоянии произрастает в Восточных Гималаях (Сикким), а также в Непале и некоторых штатах Индии в горах на высоте до 3000 м н. у. м. Коллекционная форма характеризуется высокой, но периодичной урожайностью, устойчивостью к болезням, поздними сроками цветения. Плоды шаровидные или удлинненно округлые, в диаметре до 1,5 см, желто-красные со светлыми точками, на длинных черешках. Вкус терпкий, кислый с горечью.

Секция *Sorbomalus* (яблони рябиновидные) также включает наиболее примитивные виды рода *Malus*, которые возникли еще в третичном периоде в Центральной и Восточной Азии. Это мелкоплодные яблони с опадающими

чашелистиками. Листья у многих видов лопастные, переходящие в простые. В коллекции станции представлено 28 видообразцов секции *Sorbomalus*. Среди них 5 основных видов: *M. honanensis* Rehder (я. хэнаньская), *M. sieboldii* (Regel) Rehd. (я. Зибольда, 2 формы), *M. kansuensis* (Batal.) С.К. Schneid. (я. ганьсуйская), *M. toringoides* (Rehd.) Hughes (я. торинговидная, 3 формы), *M. transitoria* (Batal.) С.К. Schneid. (я. переходная), и 6 гибридных видов: *M. × floribunda* Siebold (я. обильноцветущая), *M. × arnoldiana* Rehd. (я. Арнольда), *M. × zumi* (Matsum.) Rehder (я. Цуми), *M. × scheideckerii* Spaeth. (я. Шейдекера), *M. × sargentii* (Rehd.) Langenf. (я. Саржента), *M. × florentina* (Zucc.) С.К. Schneid. (я. флорентийская), а также несколько межвидовых гибридов с их участием, полученных в последнее время. В таблице представлены некоторые видообразцы, характеризующиеся комплексом ценных признаков. Среди них высокоурожайная и иммунная к болезням одна из форм яблони Зибольда (*M. sieboldii*, к-43201). В дикорастущем состоянии яблоня Зибольда обитает в Японии, Корее и некоторых провинциях Восточного Китая. Не менее ценными являются также гибридные виды *M. × floribunda* (к-2346) и *M. × sargentii* (к-2428). Отличаются слаборослостью, ежегодным обильным цветением и невосприимчивостью к болезням. Плоды шаровидные, мелкие (0,8–1,0 см в диаметре), вкус кислый с терпкостью. Широко культивируются в Японии как декоративные растения. Более всего иммунных к парше сортов в отечественной и зарубежной селекции получено с участием одной из форм *M. × floribunda*, обладающей главным доминантным геном *Vf* устойчивости к болезни. На станции также получены перспективные гибриды – *M. × floribunda* × Кинг Девид и *M. × floribunda* × Ренет Симиренко.

Установлено, что коллекционная форма *M. × sargentii* (к-2428) в анализирующих скрещиваниях дает выход устойчивых к парше гибридных семян от 51,2 до 77,1% и к мучнистой росе – до 80%. Полученный гибрид *M. × sargentii* × Ренет Симиренко (к-41286) обладает иммунитетом к болезням и имеет перспективы для дальнейшего селекционного использования. Отличается скороплодностью и высокой ежегодной урожайностью. Плоды шаровидные, мелкие (диаметр 1,5–2,0 см), желтые с темно-красной покрывной окраской, созревают в октябре. Вкус кисло-сладкий, вяжущий. Содержание сухих веществ 27,9%, сумма сахаров – 10,1%, аскорбиновой кислоты 13,1 мг%.

Очень декоративно выглядит гибрид *M. sieboldii* × Спартан (к-41289), полученный из Белоруссии. Отличается скороплодностью, слаборослостью, высокой урожайностью, устойчивостью к болезням. Плоды мелкие в диаметре 2,0–2,3 см, кисло-сладкие. Большие перспективы для селекции на устойчивость к болезням имеет полученный на его основе гибрид (*M. sieboldii* × Спартан) × Роллс (к-15461А). Представляет слаборослое дерево с густой шаровидной формой кроны, скороплодное, урожайное. Плоды в диаметре 3,5–4,0 см, слегка удлиненные. При полном созревании приобретают очень нарядную ярко-малиновую окраску кожицы. Вкус кисло-сладкий. Содержание сахаров 10,6%, аскорбиновой кислоты 19,2 мг%. Обладает иммунитетом к парше и мучнистой росе и в слабой степени поражается бурой пятнистостью листьев.

В секции *Sorbomalus* на особом положении находится яблоня флорентийская (*M. × florentina*), обитающая на севере Италии и Югославии. По данным Browicz (1970) она является межродовым гибридом (*Malus sylvestris* × *Sorbus torminalis*). Характеризуется наиболее поздними сроками цветения. Большой интерес для селекции представляет полученный гибрид *M. × florentina* × Эзоп Спиценбург (к-41284), который кроме позднего цветения обладает невосприимчивостью к парше и мучнистой росе. Дерево среднерослое, очень облиственное с

шаровидной формой кроны. В плодоношение вступает на 3-4 год после посадки. Плоды слегка удлинённые, довольно крупные по сравнению с *M. × florentina*, в диаметре 3,5–4,0 см. Вкус сладкий с горчинкой. При полном созревании приобретают ярко-малиновую окраску. Содержание сухих веществ 26,6%, сахаров 21,3%, аскорбиновой кислоты 9,5 мг %.

Из первичного восточноазиатского центра происхождения произошло распространение плодовых в Северную Америку, что положило начало образованию североамериканских видов, объединённых в секцию *Chloromeles* (яблони зеленоплодные). В коллекции станции находятся основные виды – *M. coronaria* (L.) Mill. (я. венечная) и *M. ioensis* (Wood) Britton (я. айовская) и гибридные – *M. × platycarpa* Rehd. (я. плоскоплодная) и *M. × soulardii* (Bailey) Britt. (я. Суларда). Все они характеризуются зелеными, довольно крупными шаровидными плодами (от 3 до 5 см в диаметре), вкус горько-кислый. Цветки крупные розовые с сильным ароматом фиалки. Основной вид – *M. coronaria* представлен в коллекции 2 формами. Имеет поздние сроки цветения и созревания плодов, обладает иммунитетом к парше и мучнистой росе, но, как и другие видообразцы этой секции, восприимчив к бурой пятнистости листьев (*Phyllosticta mali*). Высокой ежегодной урожайностью отличается одна из форм *M. × platycarpa* (к-36279).

Формирование ягодных яблонь (секция *Gymnomeles*) происходило еще в третичном периоде в Гималаях, откуда началось их распространение в северные и юго-восточные регионы (Langenfeld, 1991). В настоящее время различные виды ягодных яблонь произрастают в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Монголии, на о. Сахалин, в Китае и Японии. В коллекции станции сейчас находится 47 видообразцов этой секции. Среди них основные виды: *M. baccata* (L.) Bork. (я. ягодная, 11 форм); *M. hupehensis* (Pamp.) Rehd. (я. Хубейская, 2 формы) и 3 формы *M. mandshurica* (Maxim.) Komarov (я. маньжурская), а также ее подвид – subsp. *sachalinesis* (Kom.) Likh. – яблоня сахалинская [syn. *M. sachalinesis* (Kom.) Juz.], 4 формы) и гибридные виды: *M. × cerasifera* Spach (я. вишнеплодная, 13 форм); *M. × robusta* (Carr.) Rehd. (я. рабуста, 2 формы) и другие.

Виды секции ягодных яблонь характеризуются в основном ранними сроками цветения, скороплодностью, высокой урожайностью, декоративностью. Некоторые из них, кроме того, обладают иммунитетом к болезням – *M. baccata* (к-2319, к-2316, к-2317), *M. mandshurica* subsp. *sachalinesis* (к-890А) и другие (см. таблицу). Особый интерес представляет яблоня хубейская *M. hupehensis* (к-14945А). Кроме указанных выше ценных качеств она единственная в секции обладает поздними сроками цветения (в первой декаде мая), что позволяет избежать поздневесенних заморозков. Представляет собой слаборослое раскидистое дерево с тонкими поникающими ветвями, очень нарядное в период цветения и плодоношения. Плоды мелкие (в диаметре до 1,0 см), шаровидные, с темно-красным румянцем. В дикорастущем состоянии обитает в некоторых провинциях Китая, в Бирме и Индии в горных районах на высоте до 2000 м н. у. м. Следует также отметить одну из форм яблони вишнеплодной *M. × cerasifera* (к-29494), которая имеет большие перспективы как ценная декоративная форма, обладающая высокой ежегодной урожайностью, скороплодностью и устойчивостью к болезням. Плоды желтые с размытым румянцем (в диаметре 2,0–2,3 см), кисло-сладкого вкуса, пригодные для переработки и консервирования. Содержание сухих веществ 26,6 %, сумма сахаров – 21,3 %, аскорбиновой кислоты – 9,5 мг %.

Яблони настоящие (секция *Malus*) в дикорастущем состоянии занимают обширный ареал, включая Китай, Гималаи, Среднюю Азию, Кавказ и Европу.

Таблица. Выделенные из коллекции наиболее перспективные видообразцы яблони
Table. The most promising accessions of apple-tree species identified in the collection.

Секции	Всего видо образцов	Высокая урожайность	Устойчивость к болезням	Поздние сроки цветения	Декоративность
<i>Docyniopsis</i>	1	<i>M. sikkimensis</i> (к-2412).	<i>M. sikkimensis</i> (к-2412).	<i>M. sikkimensis</i> (к-2412).	
<i>Sorbomalus</i>	28	<i>M. sieboldii</i> (к-2322, к-43201); <i>M. toringoides</i> (к-14946); <i>M. × sargentii</i> (к-2428); <i>M. × floribunda</i> (к-2346); <i>M. × arnoldiana</i> (к-2312); <i>M. × zumi</i> (к. 2427); <i>M. sieboldii</i> × Спартан (к-41289); <i>M. × sargentii</i> × Ренет Симиренко (к-41286); <i>M. × floribunda</i> × Ренет Симиренко (к-41285); (<i>M. sieboldii</i> × Спартан) × Роллс (к-15461А).	<i>M. sieboldii</i> (к-43201); <i>M. × sargentii</i> (к-2428); <i>M. × floribunda</i> (к-2346); <i>M. × sargentii</i> × Ренет Симиренко (к-41286); <i>M. × floribunda</i> × Ренет Симиренко (к-41285); <i>M. sieboldii</i> × Спартан (к-41289); (<i>M. sieboldii</i> × Спартан) × Роллс (к-15461А).	<i>M. honanensis</i> (к-13103); <i>M. kansuensis</i> (к-2355); <i>M. × florentina</i> (к-2345); <i>M. × florentina</i> × Эзоп Спиценбург (к-41284).	<i>M. × sargentii</i> (к-2428) <i>M. scheideckerii</i> (к-2407) <i>M. × arnoldiana</i> (к-2312) <i>M. × floribunda</i> (к-2346) <i>M. sieboldii</i> × Спартан (к-1289).
<i>Chloromeles</i>	6	<i>M. × platycarpa</i> (к-36279).		<i>M. coronaria</i> (к-2336).	<i>M. × platycarpa</i> (к-36279).
<i>Gymnomeles</i>	47	<i>M. baccata</i> (к-2319, к-2333, к-2324, к-2327, к-2316, к-2317); <i>M. hupehensis</i> (к-14945); <i>M. × cerasifera</i> (к-29494, к-2458, к-2471, к-2438, к-2332); <i>M. mandshurica</i> subsp. <i>sachalinesis</i> (к-890А).	<i>M. baccata</i> (к-2319, к-2327, к-2316, к-2317); <i>M. hupehensis</i> (к-14945); <i>M. × cerasifera</i> (к-29494); <i>M. mandshurica</i> (к-2325, к-41277, к-14947); <i>M. mandshurica</i> subsp. <i>sachalinesis</i> (к-890А, к-41275).	<i>M. hupehensis</i> (к-14945).	<i>M. hupehensis</i> (к-14945); <i>M. baccata</i> (к-2333, к-2317, к-2316); <i>M. × cerasifera</i> (к-29494).
<i>Malus</i>	238	<i>M. asiatica</i> (к-2337); <i>M. sieversii</i> (к-13275); <i>M. sieversii</i> f. <i>niedzwetzkyana</i> (к-2388); <i>M. orientalis</i> (к-41630, к-41634, к-29470, к-14956, к-2339, к-14952, к-17985 и др.); <i>M. × prunifolia</i> (к-2430, к-2450, к-2444, к-2380); <i>M. spectabilis</i> (к-2415, к-43203); <i>M. × purpurea</i> (к-2392, к-2394, к-2393).	<i>M. orientalis</i> (к-14952, к-14956, к-17985, к-41635, к-17982, к-17984, к-17979, к-41633, к-29495, к-29437, к-41629, к-14953, к-29483 и др.); <i>M. × prunifolia</i> (к-2430, к-2444).	<i>M. orientalis</i> (к-17979, к-41629, к-29462, к-29437, к-14952, к-14953, к-29483, к-29495 и др.); <i>M. pumila</i> (к-2383, к-2385).	<i>M. × purpurea</i> (к-2392, к-2394, к-2393, к-2396); <i>M. spectabilis</i> (к-2415, к-43203, к-2416, к-29495); <i>M. × prunifolia</i> (к-2430, к-2450, 2444).

В секции сосредоточены виды с крупными плодами, которые положили начало появлению культурных сортов. В коллекции секции *Malus* насчитывается 238 видообразцов. Среди них такие виды, как *M. asiatica* Nakai (я. азиатская, 9 форм); *M. sieversii* (Led.) M. J. Roem. (я. Сиверса, 11 форм) и ее форма – *f. niedzwetzkyana* (Dieck) Langenf. (я. Недзвецкого, syn. *M. niedzwetzkyana* Dieck, 16 форм); *M. orientalis* (Uglitz.) Juz. (я. восточная, 105 форм), ее подвид – *subsp. turkmenorum* (Juz. et M. Pop.) Langenf. (я. туркменская; syn. *M. turkmenorum* Juz. et M. Pop., 2 формы); *M. sylvestris* (L.) Mill. (я. лесная, 15 форм), ее разновидность – *var. praecox* (Pall.) Ponom. [я. ранняя, syn. *M. praecox* (Pall.) Borkh., 2 формы]; а также гибридные виды: *M. × prunifolia* (Willd.) Borkh. (я. сливолистная, 20 форм); *M. spectabilis* (Ait.) Borkh. (я. замечательная, 5 форм); *M. × purpurea* (Barbier) Rehd. (я. пурпуровая, 5 форм) и другие, в том числе виды с неустановленным происхождением, которые В. Т. Лангенфельд (Langenfelds, 1991) не принимает в качестве самостоятельных: *M. pumila* Mill. и *M. dasycphylla* Borkh.

В процессе изучения были выделены виды, обладающие ценными хозяйственно-биологическими признаками. Так, одна из форм *M. sieversii* (Ledeb.) M.J. Roem. (к- 13275) имеет хорошее качество плодов и их раннее созревание (уже во II декаде июня), Плоды плоскоокруглые, крупные (до 4–6 см в диаметре), светло-зеленые, сочные, сладкие, вполне пригодные для потребления в свежем виде и для переработки. Большинство образцов *M. sieversii* и *M. sieversii f. niedzwetzkyana* отличаются сильной восприимчивостью к болезням, особенно к парше и бурой пятнистости листьев.

Большим разнообразием характеризуется коллекция яблони восточной *M. orientalis*, собранная из всех республик Кавказа. В результате изучения выделено 11 форм, обладающих высокой урожайностью, в том числе из Грузии (к- 41630, к-41634 и другие), Адыгеи (к-2339, к-29470 и другие), а также из Чечни, Армении и Северной Осетии. Среди них три формы проявили устойчивость к болезням (к-14952 из Армении, к-14956 и к-17985 из Грузии). Установлено, что наиболее распространенной и вредоносной на яблоне восточной является парша, особенно на листьях, тогда как плоды более устойчивы к поражению. Значительно слабее яблоня восточная поражается мучнистой росой и бурой пятнистостью листьев. Всего выделено 15 форм *M. orientalis*, устойчивых к болезням. Больше половины из них из Грузии (к-41635, к-17982, к-17984 и другие), а также из Азербайджана (к-41633, к-17979), Армении (к-14950, к-14952) и другие. Некоторые из них обладают поздними сроками цветения и устойчивостью к поздневесенним заморозкам. Среди них образцы из Карачаево-Черкесии (к-29495, к-29437), Грузии (к-41629, к-14953), Адыгеи (к-29483) и другие. Всего выделено 16 форм, обладающих наиболее поздними сроками цветения. Большинство из них было собрано в высокогорных районах Карачаево-Черкесии, Кабардино-Балкарии, Грузии и других республик. Среди поздноцветущих форм особенно выделяется образец из Азербайджана – *M. orientalis* 81-08 (к-17979), цветение которого приходит в I декаде мая. Плоды среднего размера (в диаметре 3,5–4,2 см) плоскоокруглые, вкус кисло-сладкий, терпкий. Содержание сухих веществ – 13,7 %, сумма сахаров – 9,6 %, аскорбиновой кислоты – 18,2 %. Устойчив к болезням.

Секция *Malus* располагает большим разнообразием гибридных видов, многие из которых обладают ценными качествами для использования в селекции и непосредственно в быту и производстве. Среди них яблоня сливолистная (*M. × prunifolia*). Большинство форм ее характеризуются высокой урожайностью (к-2380, к-2444, к-2430, к-2450), скороплодностью (к-2375, к-2473, к-2430

и другие). Некоторые формы имеют хороший вкус плодов и могут использоваться для приготовления компотов, соков, варенья (к-2445, к-2444, к-2454, к-2465, к-2478). Многие формы отличаются высокими декоративными качествами (к-2369, к-2460, к-2478 и другие). В период цветения деревья покрываются массой крупных цветков от белого до розового цвета, а осенью выделяются обильным урожаем небольших плодов разной окраски – от желтых до темно-красных. Большинство форм *M. × prunifolia* характеризуются восприимчивостью к парше и бурой пятнистости листьев. На общем фоне выделено несколько форм, обладающих комплексом ценных признаков (к-2430, к-2450 и другие). Среди них *M. × prunifolia* (к-2444). Дерево среднерослое, высокоурожайное, устойчивое к болезням. Цветет рано и обильно. Цветки крупные, в бутонах ярко-малиновые, при распускании с розовым оттенком. Плоды в диаметре 2,5–3,5 см, темно-красные, вкус кисло-сладкий. Содержание сухих веществ – 27,0%, сумма сахаров – 11,4%, аскорбиновой кислоты 6,8 мг %.

Секция настоящих яблонь располагает большим разнообразием декоративных видов. Кроме некоторых форм *M. × prunifolia* к ним относятся гибридные виды *M. × purpurea* (я. пурпуровая) и *M. spectabilis* (я. замечательная). Все 4 разновидности *M. purpurea* обладают высокой урожайностью и прекрасны в период цветения, но различаются по форме кроны и величине плодов. Так *M. × purpurea* var. *aldenhamensis* (Gibbs.) Rehd. (к-2393) имеет широко-округлую форму кроны, цветки крупные, темно-красные. Плоды мелкие пурпурово-красные, очень нарядные. Другая разновидность – *M. × purpurea* var. *pendula* (к-2396) отличается ярко выраженной пониклой формой кроны. Все разновидности *M. × purpurea* восприимчивы к парше листьев и плодов.

Яблоня замечательная *M. spectabilis* широко распространена в Китае и Японии как ценное декоративное растение. В коллекции имеется две наиболее красивоцветущие разновидности этой яблони. Одна из них – *M. × spectabilis* var. *albi plena* (к-2416) – имеет цветки крупные, белые, махровые. Плодоносит ежегодно умеренно. Плоды плоскоокруглой формы, в диаметре до 4,0 см. Мякоть нежная, сочная. Среднеустойчива к болезням. Другая разновидность – *M. × spectabilis* var. *rubra plena* (к-24995) – яблоня замечательная красная махровая. Одна из наиболее красивоцветущих яблонь в коллекции. Дерево среднерослое. Бутоны темно-красные. Цветки от розового до красного цвета, махровые, при этом тычинки крупные, ярко-желтые. Плоды темно-красные, в диаметре до 3 см. Вкус кисло-сладкий, вяжущий. Урожайность умеренная, среднеустойчива к болезням. Кроме того, выделены две высокоурожайные формы *M. × spectabilis* (к-2415 и к-43203).

Заключение

Таким образом, уникальная коллекция дикорастущих видов яблони на филиале Майкопской опытной станции ВИР, собранная из различных центров происхождения культуры, обладает широким генетическим разнообразием и является важным источником главных доминантных генов для селекции. В результате изучения коллекции выделены формы, обладающие такими ценными хозяйственно-биологическими признаками, как устойчивость к болезням, высокая урожайность, поздние сроки цветения, скороплодность, слаборослость и другие, необходимые для создания современных улучшенных сортов яблони.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0003 «Сохранение генетических ресурсов растений в живом виде на популяционно-видовом, организменном уровне, на уровне органов и частей растений, геномных ДНК в условиях *ex situ*, а также сохранение гербарных коллекций», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А17-117030910078-3.

Refereces/Литература

- Barsukova O. N. Atlas. The gene pool of wild Apple species. Maikop, 2012. 159 p. Barsukova O.N. Atlas. Genofond dikorastushih vidov yabloni. Maikop. 2012. 159 s. [in Russian] (Барсукова О. Н. Атлас. Генофонд дикорастущих видов яблони. Майкоп, 2012. 159 с.).
- Barsukova O. N. Comparative evaluation of resistance of wild species of the Apple to brown leaf spot (Ph. Mali Pr. et Del.) (Sravnitel'naja ocenka ustojchivosti dikorastushih vidov jabloni k buroj pjatnistosti list'ev (Ph. Mali Pr. et Del.). Orel, 2015, vol. 2 pp. 17–19 [in Russian] (Барсукова О. Н. Сравнительная оценка устойчивости дикорастущих видов яблони к бурой пятнистости листьев (Ph. Mali Pr. et Del.). Орел, 2015. Т. 2. С. 17–19).
- Barsukova O. N. Late-flowering varieties and species of apple-tree in the collection of Maikop experiment station of VIR // Proceeding on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2016, vol 177, iss. 3, pp. 74–81 (Барсукова О. Н. Поздноцветущие сорта и виды яблони в коллекции ВИР, поддерживаемой на Майкопском филиале // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177, вып. 3. С. 74–81).
- Barsukova O. N. The collection of *Malus orientalis* (Uglits.) Juz. as a source of valuable forms for breeding // Proceeding on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2017, vol 178, iss. 3, pp. 42–49 [in Russian] (Барсукова О. Н. Коллекция яблони восточной *Malus orientalis* (Uglits.) Juz. – источник ценных форм для селекции // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 178, вып. 3. С. 42–49).
- Study of resistance of fruit, berry and ornamental crops to diseases. Methodical instructions (Izucheniye ustoychivosti plodovykh yagodnykh i dekorativnykh kultur k zabolevaniyam. Metodicheskiye ukazaniya) / ed. V. I. Krivchenko. Leningrad : VIR, 1972. 121 p. [in Russian] (Изучение устойчивости плодовых, ягодных и декоративных культур к заболеваниям. Методические указания / под ред. В. И. Кривченко. Л. : ВИР, 1972. 121 с.).
- Langenfelds V. Apple-trees. Morphological evolution, phylogeny, sistematics. Riga : Zinatne, 1991, 230 p. [in Russian] (Лангенфельд В. Т. Яблоня. Морфологическая эволюция, филогения, география, систематика. Рига : Зинатне, 1991, 230 с.).
- Nesterov Ya. S. Studu of collection of fruit cultures end exposure of sorts of intensive type (Izucheniye kolekcii semechkovykh kultur i vyyavlenie sortov intensivnogo tipa) / Metodicheskiye ukazaniya – Metodical pointing. Leningrad : VIR, 1986, 160 p. [in Russian] (Нестеров Я. С. Изучение коллекции семечковых культур и выявление сортов интенсивного типа / Методические указания. Л. : ВИР, 1986. 160 с.).
- Browicz. K. *Malus florentina* – its histori, systematic, position and geographical distribution // Fragm. Floristica Geobot. 1970, ann. 16, part 1, pp. 61–83.

УДК 635.652.2:581.192

Т. В. Буравцева,
Г. П. Егорова,
М. О. Бурляева,
М. А. Никишкина

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: t.buravtseva@vir.nw.ru

Ключевые слова:

фасоль, коллекция, источники, ТИА,
изменчивость, корреляционный
анализ, дисперсионный анализ

Поступление:

16.07.2018

Принято:

19.09.2018

АКТИВНОСТЬ ИНГИБИТОРОВ ТРИПСИНА В СЕМЕНАХ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР: ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

Актуальность. Важным направлением в современной селекции фасоли является повышение качества зерна, в том числе и за счет снижения содержания антипитательных веществ, поэтому актуально выявление образцов, свободных от ингибиторов или содержащих их в минимальных количествах. Поиск образцов с высоким содержанием ингибиторов также является актуальным, так как ингибиторы играют важнейшую роль в функционировании основных биохимических механизмов, определяющих и регулирующих физиологическое состояние клетки. **Материалы и методы.** В статье приведены результаты биохимического и полевого скрининга 141 образца фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) из коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения. Различные наборы образцов выращивались на филиале «Крымская опытно-селекционная станция ВИР» (г. Крымск) и научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Санкт-Петербург) в 2000–2003 гг. Полевое изучение хозяйственно ценных признаков проводилось по методике ВИР. ТИА определяли в биохимической лаборатории ВИР спектрофотометрическим методом. Статистический анализ (корреляционный и однофакторный дисперсионный) проводили в программе Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., USA). **Результаты.** Оценка ТИА в семенах образцов фасоли показала, что среднее значение признака различалось в зависимости от страны происхождения и года изучения. Результаты корреляционного анализа показали, что величины коэффициентов корреляции были неустойчивы по годам изучения и не позволили выявить стабильных взаимосвязей между ТИА в семенах фасоли и метеорологическими условиями ($-0,39 \leq r \leq 0,41$), морфологическими ($0,03 \leq r \leq 0,23$) и хозяйственно ценными ($-0,05 \leq r \leq 0,21$) признаками. Содержание ТИА в семенах, по результатам однофакторного дисперсионного анализа, в большей степени зависит от генетических свойств растений (доля влияния – 88,6%), в меньшей от погодных условий (12,24–20,16%), года репродукции (20,16%) и происхождения (18,87%), в незначительной степени от места репродукции (10,76%). **Выводы.** Выделено 8 источников низкой (< 7 мг/г) и 25 – высокой ТИА (> 13 мг/г). Также выделены образцы, сочетающие высокое содержание белка в семенах (> 30%) с низким (< 7 мг/г) или средним (7–9 мг/г) уровнем ТИА. Эти образцы могут быть в дальнейшем использованы для селекции. Наиболее низкое среднее значение ТИА отмечено для образцов из Азербайджана (7,55), Мадагаскара (8), Коста-Рики (8,05), Дании (8,98); высокой средней ТИА отличались образцы из Бутана (17,8), России (13,4), Кении (13,2), Швеции (12,97). В результате проведенного корреляционного анализа не было выявлено стабильных взаимосвязей метеорологических условий, морфологических и хозяйственно ценных признаков с ТИА. Содержание ТИА в основном обусловлено генетическими свойствами растений.

T. V. Buravtseva,
G. P. Egorova,
M. O. Burlyayeva,
M. A. Nikishkina

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: t.buravtseva@vir.nw.ru

Key words:

common bean, collection, sources,
TIA, variability, correlation analysis,
analysis of variance

Received:

16.07.2018

Accepted:

19.09.2018

ACTIVITY OF TRYPSIN INHIBITORS IN COMMON BEAN SEEDS (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) FROM THE VIR COLLECTION: VARIABILITY AND SOURCE MATERIAL FOR BREEDING

Background. An important trend in modern common bean breeding is the improvement of grain quality, including by reducing the content of anti-nutrients, so it is important to identify accessions that are free of inhibitors or contain minimal amounts of them. The search for samples with high content of inhibitors is also relevant, since inhibitors play a crucial role in the functioning of the basic biochemical mechanisms that determine and regulate the physiological state of the cell. **Materials and methods.** Presented here are the results of biochemical and field screening of 141 common bean accessions (*Phaseolus vulgaris* L.) of different ecogeographic origin from the collection of VIR. Various sets of accessions were grown at VIR's experimental stations – Krymsk Experiment Breeding Station, branch of VIR (Town of Krymsk); Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR (City of St. Petersburg) – in 2000–2003. Field study of economically valuable traits was carried out according to VIR's methods. Trypsin inhibitor activity (TIA) was calculated at the biochemical laboratory of VIR by spectrophotometry. The program Statistica 7.0. (StatSoft, Inc., USA) was used for statistical analysis. **Results.** TIA assessment in the seeds of common bean accessions showed that the mean value of the trait varied depending on the country of origin and the year of study. The results of the correlation analysis showed that the values of correlation coefficients were unstable over the years of study, and did not allow us to reveal stable relationships between TIA in bean seeds and meteorological conditions ($-0.39 \leq r \leq 0.41$), morphological ($0.03 \leq r \leq 0.23$) and economically valuable ($-0.05 \leq r \leq 0.21$) traits. The analysis of variance showed that the content of trypsin inhibitors in seeds depends more on the genetic properties of plants (effect-size percentage is 88.6%), less on weather conditions (12.24–20.16%), the year of reproduction (20.16%) or origin (18.87%), and only to a small extent on the place of reproduction (10.76%). **Conclusions.** The study helped to find 8 sources of low TIA (< 7 mg/g), and 25 ones with high TIA (> 13 mg/g). Accessions combining high seed protein content (> 30%) with low (< 7 mg/g) or medium (7–9 mg/g) TIA levels were also identified. Those accessions can be included in future breeding programs. The lowest mean TIA values were observed in the accessions from Azerbaijan (7.55), Madagascar (8), Costa Rica (8.05), and Denmark (8.98), while high mean TIA was manifested by the accessions from Bhutan (17.8), Russia (13.4), Kenya (13.2), and Sweden (12, 97). The correlation analysis failed to reveal stable interrelations between TIA and meteorological conditions or morphological and economically valuable traits. The TIA level basically depends on the genetic properties of plants.

Введение

Фасоль обыкновенная (*P. vulgaris* L.) как продовольственная культура ценится за свои вкусовые качества, которые обусловлены высоким содержанием белка (в среднем 23–26%). Однако в семенах фасоли содержатся антиметаболические компоненты, снижающие переваримость ее семян. К ним, в частности, относятся ингибиторы пищеварительных ферментов – трипсина и химотрипсина. Ингибиторы трипсина обнаружены в семенах всех видов фасоли. Содержание ингибиторов у фасоли обыкновенной составляет в среднем 10 мг/г. Коэффициент изменчивости трипсинингибирующей активности (ТИА) для *P. vulgaris* по сравнению с другими видами составляет значительную величину (до 35%) (Benken, 1975; Benken, Budanova, 1976). Ингибиторы фасоли относятся к группе двуглавых и проявляют близкую активность по отношению к обоим ферментам – трипсину и химотрипсину. Молекула такого ингибитора, благодаря наличию двух центров, ответственных за связывание трипсина и химотрипсина, может одновременно и независимо вступать в реакцию с обоими ферментами. Для характеристики антипротеолитического комплекса семян фасоли достаточно данных ингибирующей активности по отношению к одному из ферментов (Benken, 1996).

Литературных работ по этой теме немного. Петибская В. С. (Petibskaja, 2012) при изучении сои установила отсутствие зависимости между содержанием белка и ТИА. Также, по ее данным, ТИА не связана с массой семян, урожайностью и продолжительностью вегетационного периода, холодостойкостью, скоростью наклевывания и прорастания семян. Изменчивость ТИА у сои в большей степени зависит от особенностей сорта, чем от условий внешней среды. Некоторые авторы отмечают связь между активностью ингибиторов трипсина и окраской семян (Elias et al, 1979). Они установили, что у черных семян ТИА выше, чем у белых или красных. Другие авторы отмечают, что наибольшая активность ингибиторов трипсина наблюдалась у черных и бежевых семян. При этом связи между размером семян и ТИА авторы не выявили (Chávez-Mendoza, Sánchez, <http://www.mdpi.com/journal/molecules> (дата обращения: 25.04.2018). Исследованиями ряда авторов (Benken, 1975; Benken, Budanova, 1976; Petibskaja, 1999, 2012; Zaitsev, 1987) установлено, что ингибиторы трипсина накапливаются в семенах по мере их созревания, в вегетативных частях они не обнаружены, а различия по содержанию протеолитических ингибиторов у видов и сортов сохраняются в различные годы выращивания; между белковостью и трипсинингибирующей активностью у образцов обыкновенной фасоли отмечен низкий коэффициент корреляции ($r = 0,227$). Это свидетельствует об отсутствии взаимосвязи между этими величинами и, следовательно, о возможности совмещения высокой белковости с низким содержанием ингибиторов в процессе селекции.

Одно из важных направлений в современной селекции фасоли – повышение качества зерна, в том числе и за счет снижения содержания антипитательных веществ. Перспективным путем решения этой задачи является создание сортов, свободных от ингибиторов или содержащих их в минимальных количествах.

С другой стороны, ингибиторы играют важнейшую роль в функционировании основных биохимических механизмов, определяющих и регулирующих физиологическое состояние клетки. Они могут подавлять активность протеиназ ряда вредных насекомых и фитопатогенных микроорганизмов, повышать устойчивость к абиотическим стрессорам (Yarullina et al., 2016). Кроме того,

ингибиторы протеиназ могут использоваться для повышения устойчивости организма к радиации и лечения ряда заболеваний. Поэтому поиск образцов с высоким содержанием ингибиторов также является актуальным.

Результативность поиска сортов с необходимыми для селекции свойствами во многом определяется разнообразием и степенью изученности исходного материала. Резервом для выявления нужных для селекционной работы источников служит мировая коллекция фасоли ВИР, включающая более 7500 местных и селекционных сортов фасоли из 102 стран мира.

Скрининг образцов на содержание ингибиторов в семенах фасоли проводился в лаборатории биохимии ВИР до 2008 года. Было изучено более 700 образцов, выпущено 2 каталога (Benken et al., 1991; Buravtseva, Nikishkina, 2004), где представлены результаты изучения 562 образцов коллекции (1988–1999 гг. изучения).

Целью наших исследований было выделение исходного материала для селекции образцов с низкой и высокой ТИА. В задачи работы входило выделение образцов, сочетающих высокое содержание белка в семенах с низким или средним уровнем ТИА; выявление закономерностей изменчивости ТИА у образцов, характеризующихся разными морфологическими и хозяйственно ценными признаками в различных условиях выращивания.

Материалы и методы

Исследования проведены в 2000–2003 гг. Материалом для них послужили образцы фасоли обыкновенной из мировой коллекции ВИР, не вошедшие в предыдущие каталоги и имеющие достоверную выборку для статистической обработки материала (141 образец).

Таблица 1. Происхождение изученных образцов фасоли
Table 1. Origin of the studied common bean accessions

Континент (страна)	Число образцов	Страна
Россия	15	Россия – 15
Европа	93	Болгария – 49, Нидерланды – 4, Франция – 5, Венгрия – 3, Германия – 7, Дания – 5, Швеция – 12, Норвегия – 4, Украина – 4
Северная Америка	21	Канада – 11, США – 10
Южная Америка	2	Коста-Рика – 1, Эквадор – 1
Австралия	1	Австралия – 1
Африка	4	Кения – 1, Мадагаскар – 1, Танзания – 1, Бутан – 1
Азия	5	Азербайджан – 1, Китай – 2, Монголия – 2

Различные наборы образцов изучали в полевых условиях на филиале «Крымская опытно-селекционная станция ВИР» (г. Крымск, Краснодарский край; 2000, 2001, 2003 гг.) и научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Ленинградская обл.; 2002, 2003 гг.). Агротехника общепринятая для зоны выращивания. Изучение хозяйственно ценных признаков осуществляли согласно методике ВИР (Budanova et al., 1987; Vishnyakova et al., 2010). Трипсинингибирующую активность определяли в биохимической лаборатории ВИР спектрофотометрическим методом, используя в качестве субстрата казеин, и выражали в миллиграммах (мг) связанного трипсина (с поправкой на активный фермент) в расчете на 1 г семян в соответствии с Методическими указаниями ВИР (Budanova et al., 1984). Градацию образцов по уровню активности ингибиторов

трипсина проводили, разбив материал на 3 группы: низкоингибиторные (ТИА ниже 7 мг/г), среднеингибиторные (ТИА варьирует от 7 до 13 мг/г) и высокоингибиторные сорта (выше 13 мг/г). Изучали селекционные и местные сорта различного географического происхождения (табл. 1). Больше всего образцов было проанализировано из Болгарии (49 обр.), России (15 обр.), Швеции (12 обр.), Канады (11 обр.), США (10 обр.), Германии (7 обр.).

Для статистической обработки результатов была сформирована база данных (БД), включающая следующие признаки: активность ингибиторов трипсина, содержание белка, метеоданные за годы исследований, показатели ряда хозяйственно ценных признаков (характер роста, тип куста, окраска семян и незрелого боба, группа спелости, продуктивность и направление использования). Хозяйственно ценные признаки при внесении в БД кодировали в соответствии с классификатором ВИР (Budanova et al, 1985). Контролируемые метеоданные включали среднюю температуру воздуха (ежемесячную), количество суток с осадками, относительную влажность воздуха (Gavrishev A. N., http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate_russia-III_agro.html (дата обращения: 25.04.2018); осадки в мм за месяц, среднюю температуру воздуха (ежедневную) (FGBU "VNIIGMI-WDC" <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения: 25.04.2018). Метеоданные по Краснодарскому краю (г. Крымск) взяты с указанных интернет-сайтов, показатели среднесуточной температуры воздуха для подсчета активных температур по Ленинградской области (г. Пушкин) предоставлены Л. Ю. Новиковой (группа агрометеорологии ВИР). Сумму активных температур определяли путем сложения ежедневных температур (выше 10 градусов) за вегетационный период.

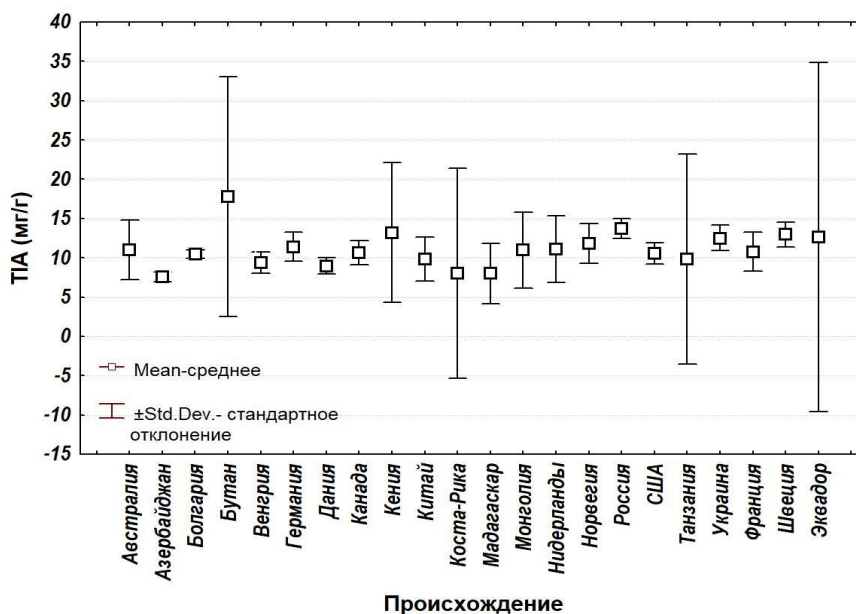


Рис. 1. Изменчивость содержания ТИА (мг/г) в семенах фасоли у образцов разного происхождения

Fig. 1. Variability of TIA levels (mg/g) in common bean seeds in accessions of different origin

Статистический анализ проводили в программе Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., USA). Исследовали изменчивость корреляций между активностью ингибиторов трипсина, содержанием белка в семенах, морфологическими и хозяйственно ценными признаками в зависимости от погодных условий, места репродукции

и генотипа образцов. Достоверность влияния перечисленных факторов на ТИА определяли с помощью однофакторного и многофакторного дисперсионного анализа (Vishnyakova et al, 2010; Borovikov, Borovikov, 1998; Borovikov, 2001).

Результаты

В наших исследованиях активность ингибиторов трипсина в семенах фасоли изменялась от 4,6 до 24,3 мг/г; среднее значение составило 11,2 мг/г. Величина этого показателя различалась в зависимости от страны происхождения. Наиболее низкое среднее значение ТИА (рис. 1) отмечено для образцов из Азербайджана (7,55), Мадагаскара (8), Коста-Рики (8,05), Дании (8,98); высокой средней ТИА отличались образцы из Бутана (17,8), России (13,4), Кении (13,2), Швеции (12,97).

Активность ингибиторов трипсина в семенах фасоли изменялась также и по годам изучения. Наиболее низкой она была в 2001 г. (9,06 мг/г), наиболее высокой – в 2003 г. (12,92 мг/г). Место репродукции на содержание ингибиторов (Пушкин – 6,7–24,3, Крымск – 4,6–22,1 мг/г) влияло незначительно. По итогам двухлетних исследований было выделено 8 источников низкой и 25 – высокой ТИА (табл. 2).

Таблица 2. Источники низкой и высокой активности ингибиторов (мг/г) в семенах фасоли
Table 2. Sources of low and high TIA (mg/g) in common bean seeds

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение	Активность ингибиторов, мг/г
Источники низкой активности ингибиторов в семенах фасоли (< 7 мг/г)			
11014	Местный	Болгария	5,6–5,9
11018	Местная	Болгария	6,2–6,4
15077	–	Азербайджан	5,0–6,8
15181	Amazone	Франция	6,1–,5
15201	Novostar	Нидерланды	6,2–6,8
15202	Autan	Нидерланды	6,2–6,8
15220	–	Канада	6,2–6,5
15226	C 8801-F2-LF-67-34 Pink	Канада	4,6–4,7
Источники высокой активности ингибиторов в семенах фасоли (> 13 мг/г)			
4	–	Украина	13,2–13,9
57	–	Россия	13,4–14,7
3115	Extra Early Red Valentine	Канада	15,0–5,4
7335	Stella	Швеция	17,1–24,3
7336	Apollo	Швеция	15,6–16,3
7410	Круп-Sniffebonne Svaerd	Норвегия	13,4–18,1
9333	Бр.3	Болгария	14,1–14,3
11005	Никос	Болгария	16,5–16,8
11019	–	Болгария	14,2–14,3
11845	–	Болгария	13,3–14,2
11853	–	Болгария	13,3–13,6
12018	Drabant	Швеция	17,9–19,2
13383	Isex	Франция	13,3–14,2
14279	Ока	Россия	13,1–15,4
14395	Exrico	Канада	13,6–14,3
14719	–	Россия	15,4–15,6
14720	–	Россия	15,2–20,2
15179	Strogele (i v t)	Нидерланды	21,1–22,1
15186	Местная	Россия	15,1–18,7
15210	Erntesege	Германия	14,2–16,2
15223	Belmidak-RR-1	США	15,3–15,8
15238	Уфимская	Россия	13,8–14,6
15253	Borlotto	Бутан	16,6–19,0
15254	Meridional	Германия	15,9–20,9
15373	Шубинская	Россия	18,8–22,8

Таблица 3. Результаты однофакторного дисперсионного анализа по выявлению влияния генотипа, происхождения, года, места репродукции и погодных условий на ТИА в семенах фасоли
Table 3. Results of the analysis of variance determining the effect of genotype, origin, year, place of reproduction and weather conditions on TIA in common bean seeds

Виды изменчивости	Df	SS	MS	F	p	Доля влияния
Генотип	140	2831,89	20,23	8,17	0,000000	88,60
Остаточная изменчивость	147	364,14	2,48			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Происхождение	21	603,18	28,72	2,947	0,000030	18,87
Остаточная изменчивость	266	2592,84	9,75			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Год репродукции	3	644,32	214,77	23,904	0,000000	20,16
Остаточная изменчивость	284	2551,71	8,98			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Место репродукции	1	343,93	343,93	34,488	0,000000	10,76
Остаточная изменчивость	286	2852,09	9,97			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Среднесуточная температура в июне	2	391,45	195,73	19,890	0,000000	12,24
Остаточная изменчивость	285	2804,57	9,84			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Среднесуточная температура в июле	4	644,46	161,11	17,87	0,00	20,16
Остаточная изменчивость	283	2551,57	9,02			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Среднесуточная температура в августе	4	644,46	161,11	17,87	0,00	20,16
Остаточная изменчивость	283	2551,57	9,02			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Осадки в июле	4	644,46	161,11	17,87	0,00	20,16
Остаточная изменчивость	283	2551,57	9,02			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Осадки в августе	3	396,95	132,32	13,425	0,000000	12,42
Остаточная изменчивость	284	2799,07	9,86			
Общая изменчивость	287	3196,02				
Среднесуточная влажность воздуха в июле	3	482,24	160,75	16,822	0,000000	15,09
Остаточная изменчивость	284	2713,78	9,56			
Общая изменчивость	287	3196,02				

Примечание: Df – число степеней свободы, SS – сумма квадратов, MS – среднеквадратичное отклонение, F – значение критерия Фишера, p – уровень значимости, генотип, происхождение, год, место репродукции и погодные условия – факториальная дисперсия, остаточная изменчивость – остаточная, случайная дисперсия, общая изменчивость – общая дисперсия

В итоге изучения были выделены образцы, сочетающие высокое содержание белка в семенах (> 30) с низким (< 7) уровнем ТИА (к-11018, 'Местная', Болгария; к-15202, 'Autan', Нидерланды; к-15226, 'С 8801-F2-LF-67-34 Pink', Канада) или средним (7–9 мг/г) (к-11009, 'Русе 159', Болгария; к-14598, 'Haromfa 11-10-2481', Болгария; к-15205, 'Buch Blue Lake 141', США; к-15208, 'Empress', США; 15218, 'Tamaulipas 3', пол. Германия; к-15227, 'Arbolito-Ligero', Коста-Рика; к-15236, 'Лада', Россия). Эти образцы могут быть использованы для селекции фасоли с высоким качеством семян.

Результаты анализа, проведенного для выявления возможных связей между изменчивостью показателей метеоусловий и активностью ингибиторов трипсина, свидетельствуют о том, что величины коэффициентов корреляции были неустойчивы по годам изучения и месту репродукции. Стабильных сильных взаимосвязей ($-0,88 \leq r \leq 0,90$) между этими признаками не обнаружено. Коэффициент корреляции между активностью ингибиторов трипсина и изученными параметрами равнялся: с количеством суток с осадками ($r = 0,26$), с суммой осадков в мм ($r = 0,14$), с повышенной влажностью ($r = 0,29$), со средними температурами ($r = -0,34$) и суммой активных температур ($r = -0,34$). Следует отметить, что различные образцы (генотипы) фасоли по-разному реагировали на изменения среды. Однако значимых взаимосвязей между активностью ингибиторов трипсина, морфологическими ($-0,13 \leq r \leq 0,33$) и хозяйственно ценными признаками ($-0,23 \leq r \leq 0,31$) не удалось найти. Для генотипов, выращенных в Крымске в 2001 году, была характерна положительная корреляция с окраской семян ($r = 0,33$) и типом использования ($r = 0,26$). У генотипов, репродуцированных в Крымске в 2003 году, наблюдалась положительная корреляция с окраской семян ($r = 0,21$), окраской бобов ($r = 0,24$) и типом использования (овощным, зерновым) ($r = 0,31$). У образцов, анализируемых в полевых условиях в Пушкине (2002, 2003 гг.), подобных корреляций не было, можно отметить только отрицательные корреляции с вегетационным периодом ($r = -0,23, -0,11$). Исследования показали изменчивость коэффициентов корреляции и зависимость связей от генотипа и условий среды. Общих закономерностей по изменчивости изученных параметров и по влиянию на них условий культивирования также не было обнаружено.

Оценку достоверности влияния погодных условий, происхождения, генотипа, места и года репродукции на ТИА в семенах проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (табл. 3).

Наибольшее влияние в наших исследованиях на изменчивость ТИА в семенах оказывал генотип (88,6 %) (рис. 2).

Год репродукции достоверно влиял на содержание ингибиторов, доля влияния 20,2%. Доля влияния происхождения образцов составила 18,9%. Место репродукции влияло на ТИА незначительно (доля влияния 10,8 %). Среднесуточная температура в июле, в августе и осадки в июле достоверно влияли на ТИА (доля влияния 20,16%). Дисперсионный анализ показал, что доля влияния среднесуточной влажности воздуха в июле составила 15,09%, а доля влияния осадков в августе и температуры в июне – 12,42 и 12,24% соответственно. Обобщенные данные по изменчивости ТИА в семенах в разные годы исследований в зависимости от среднесуточной температуры в июле и августе, суммы осадков в июле представлены на рисунке 3.

Таким образом, в наших исследованиях температура, осадки и влажность оказывали достоверное влияние на ТИА в семенах.

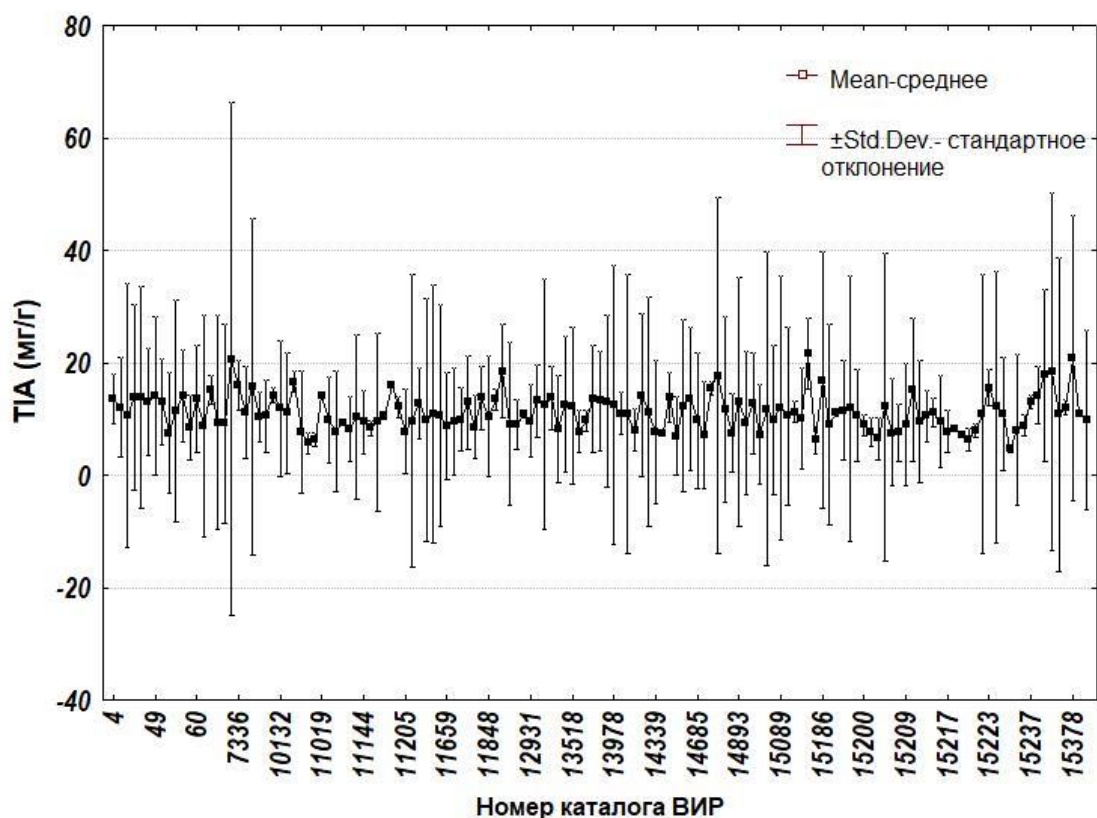


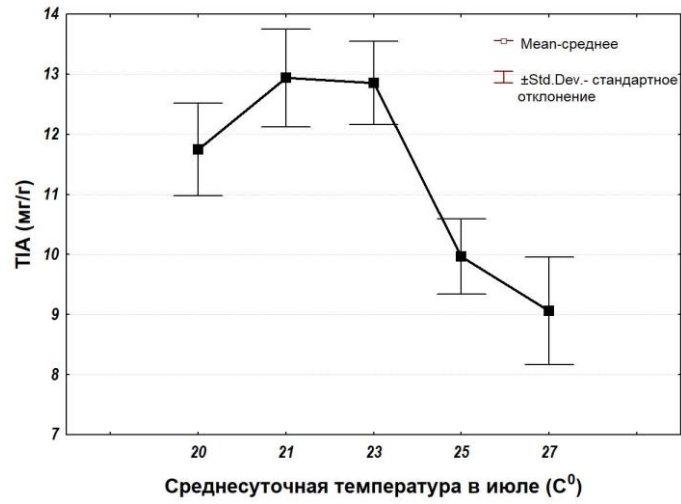
Рис. 2. Изменчивость ТИА в семенах фасоли в зависимости от гентипа
 Fig. 2. Variability of TIA in common bean seeds depending on the genotype

Выводы

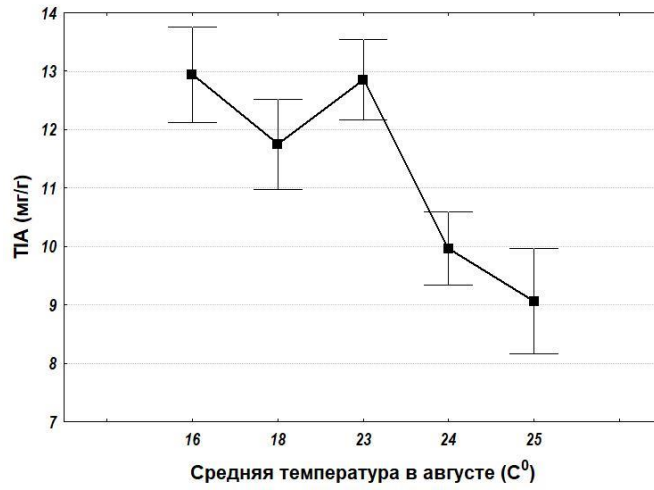
По итогам двухлетних исследований было выделено 8 источников низкой (< 7 мг/г) (к-11014, к-11018, к-15077, к-15181, к-15201, к-15202, к-15220, к-15226) и 25 – высокой ТИА (> 13 мг/г) (к-4, к-57, к-3115, к-7335, к-7336, к-7410, к-11005, к-11019, к-11845, к-11853, к-12018 и др.). Также выделены образцы, сочетающие высокое содержание белка в семенах ($> 30\%$) с низким (< 7 мг/г) (к-11018, к-15202, к-15226) или средним (7–9 мг/г) (к-11009, к-14598, к-15205, к-15208, к-15218, кк-15227, к-15236) уровнем ТИА. Эти образцы могут быть в дальнейшем использованы для селекции.

Анализ 141 образца фасоли показал, что активность ингибиторов трипсина в семенах фасоли различалась в зависимости от страны происхождения. Наиболее низкое среднее значение ТИА отмечено для образцов из Азербайджана (7,55), Мадагаскара (8), Коста-Рики (8,05), Дании (8,98); высокой средней ТИА отличались образцы из Бутана (17,8), России (13,4), Кении (13,2), Швеции (12,97).

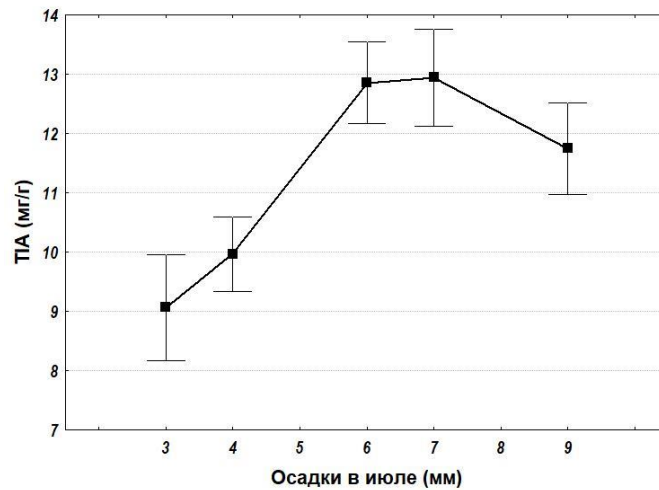
В результате проведенного корреляционного анализа не было выявлено стабильных взаимосвязей метеорологических условий, морфологических и хозяйственно ценных признаков с ТИА. Содержание ТИА, как показал однофакторный дисперсионный анализ, в большей степени зависит от генетических свойств растений (доля влияния – 88,6%), в меньшей от погодных условий (12,24–20,16%), года репродукции (20,16%) и происхождения (18,87%), в незначительной степени от места репродукции (10,76%).



a)



b)



c)

Рис. 3. Изменчивость ТИА в семенах фасоли в зависимости от среднесуточной температуры в июле (a) и августе (b); осадков в июле (c)
Fig. 3. Variability of TIA in common bean seeds depending on mean daily temperatures in July (a) and August (b), and precipitation in July (c)

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0013 «Развитие теоретических основ ботаники, филогении, систематики, генетики, физиологии, биохимии культурных растений и разработка традиционных и современных молекулярных методов оценки растительных ресурсов по признакам качества, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам и другим хозяйственно важным признакам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710370-0.

References/Литература

- Benken I. I.* Biochemical indicators of nutritional value of common beans from the collection of VIR (Biohimicheskie pokazateli pitatel'noj cennosti fasolii zkollekcii VIRa.) // N.-tekhn. byull. – Scientific and technical bulletin. Orel: VNIIZBK, 1996, iss. 42, pp. 61–65 [in Russian] (*Бенкен И. И.* Биохимические показатели питательной ценности фасоли из коллекции ВИРА // Н.-техн. бюлл. Оре: ВНИИЗБК. 1996. Вып. 42. С. 61–65).
- Benken I. I.* Variability of the content of trypsin inhibitors in common bean seeds (Izmenchivost' sodержaniya ingibitorov tripsina v semenah fasoli) // Sbornik «Selekcija, semenovodstvo i priemy vozdeľvaniya fasoli» – Proceedings "Selection, seed production and methods of cultivation of common beans". Orel : VNIIZBK, 1975, pp. 137–143 [in Russian] (*Бенкен И. И.* Изменчивость содержания ингибиторов трипсина в семенах фасоли // Сборник «Селекция, семеноводство и приемы воздеľвания фасоли». Оре : ВНИИЗБК, 1975. С. 137–143).
- Benken I. I., Budanova V. I.* Inhibitors of trypsin in common bean seeds // Bulletin of on Applied Botany, Genetics and Plant Breeding. 1976, vol. 56, iss. 3, pp. 67–73 [in Russian] (*Бенкен И. И., Буданова В. И.* Ингибиторы трипсина в семенах фасоли. // Сборник трудов по прикл. бот., ген. и сел. 1976. Т. 56, вып. 3. С. 67–73).
- Benken I. I., Petrova M. V., Lagutina L. V., Nikishkina M. A., Vlasov V. A., Kolotilova A. S. / Ed. A. V. Konarev.* Catalog of the world collection of VIR. Common beans. Activity of trypsin inhibitors, protein content in seeds and other economically valuable signs (Katalog mirovoj kollekcii VIR. Fasol'. Aktivnost' ingibitorov tripsina, sodержanie belka v semenah i drugie hozyajstvennoscennye priznaki). Leningrad : VIR, 1991, iss. 745, 31 p. [in Russian] (*Бенкен И. И., Петрова М. В., Лагутина Л. В., Никишкина М. А., Власов В. А., Колотилова А. С. / Под ред. А. В. Конарева.* Каталог мировой коллекции ВИР. Фасоль. Активность ингибиторов трипсина, содержание белка в семенах и другие хозяйственно ценные признаки. Л. : ВИР. 1991. Вып. 593. 31 с.).
- Borovikov V. P.* The Statistica program for students and engineers. (Programma Statistica dlya studentov i inzhenerov) Moscow, 2001, 300 p. [in Russian] (*Боровиков В. П.* Программа Statistica для студентов и инженеров. М., 2001. 300 с.).
- Borovikov V. P., Borovikov I. P.* Statistical analysis of data processing in Windows environment (Statisticheskij analiz obrabotki dannyh v srede Windows). Moscow, 1998, 583p. [in Russian] (*Боровиков В. П., Боровиков И. П.* Статистический анализ обработки данных в среде Windows. М., 1998. 583 с.).
- Budanova V. I., Lagutina L. V., Buravtseva T. V.* Methodical guidelines. The study of samples of the world collection of beans (Metodicheskie ukazaniya. Izuchenie obrazcov mirovojkollekcii fasoli L.). Leningrad : VIR, 1987, 28 p. [in Russian] (*Буданова В. И., Лагутина Л. В., Буравцева Т. В.* Методические указания. Изучение образцов мировой коллекции фасоли. Л. : ВИР, 1987. 28 с.).
- Budanova V., Lagutina L., Korneichuk V., Pastorec M., Uznic M., Gofirek P., Moravec I.* The international comecon list of descriptors for cultivated species of the genus *Phaseolus* L. Leningrad : VIR, 1985. 45 p. [in Russian] (*Буданова В., Лагутина Л., Корнейчук В., Пасторек М., Ужик М., Гофирек П., Моравец И.* Международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. Л. : ВИР, 1985. 45 с.).
- Buravtseva T. V., Nikishkina M. A. / Ed. M. A. Vishnyakova.* Catalog of the world collection of VIR. Common beans (Characteristics of samples on the activity of trypsin inhibitors, protein content in seeds and other economically valuable traits) (Katalog mirovoj kollekcii VIR. Fasol' (Harakteristika obrazcov po aktivnosti ingibitorov tripsina, sodержaniyu belka v semenah i drugim hozyajstvennoscennym priznakam). St. Petersburg : VIR, 2004, iss 745, 21 p. [in Russian] (*Буравцева Т. В., Никишкина М. А. / Под ред. М. А. Вишняковой.* Каталог мировой коллекции ВИР. Фасоль

- (Характеристика образцов по активности ингибиторов трипсина, содержанию белка в семенах и другим хозяйственно ценным признакам). СПб. : ВИР, 2004. Вып. 745, 21 с.).
- Chávez-Mendoza C., Sánchez E.* Bioactive Compounds from Mexican Varieties of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for Health // *Molecules*, Open.Access Journal – 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mdpi.com/journal/molecules> (дата обращения: 25.04.2018).
- Elias L. G., Fernandez D. G., Bressani R.* Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. *Journal of Food Science*, 1979, 44, pp. 524–527.
- Gavrishv A. N.* Climate of Russian cities (Klimat gorodov Rossii) // atlas-yakutia.ru Russia – [Electronic resource] URL: http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate_russia-III_agro.html (reference date: 25.04.2018). [in Russian] (*Гавришев А. Н.* Климат городов России // atlas-yakutia.ru Россия – [Электронный ресурс] URL: http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate_russia-III_agro.html (дата обращения: 25.04.2018).
- FGBU "VNIIGMI-WDC" Technology of Aisori: site of technology (FGBU «VNIIGMI-MCD» Tekhnologii Aisori: sayt tekhnologii) <http://aisori.meteo.ru/it/ClimateR> <http://aisori.meteo.ru/it/178-aisori> // Unified State Data Fund – 2018 – [Electronic resource] URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (reference date: 04/25/2018) [in Russian] (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» Технологии Аисори: сайт технологии <http://aisori.meteo.ru/it/ClimateR> <http://aisori.meteo.ru/it/178-aisori> // Единый Государственный Фонд Данных – 2018 – [Электронный ресурс] URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения: 25.04.2018)).
- Petibskaya V. S.* Soybean: chemical composition and use / Ed. V. M. Lukomets. (Soya: himicheskij sostav i ispol'zovanie). Майкоп : OJSC "Polygraph-South", 2012, p. 25 [in Russian] (*Петибская В. С.* Соя: химический состав и использование / Под ред. акад.РАСХН д-ра с/х наук В. М. Лукомца. Майкоп : ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. С. 25).
- Petibskaya V. S.* Inhibitors of proteolytic enzymes (Inhibitory proteoliticheskikh fermentov). // Proceedings of high schools. Food technology. 1999, № 5/6, pp. 6–10 [in Russian] (*Петибская В. С.* Ингибиторы протеолитических ферментов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1999. № 5/6. С. 6–10).
- Vishnyakova M. A., Bulyntsev S. V., Buravtseva T. V., Burlyayeva M. O., Seferova I. V., Aleksandrova T. G., Yan'kov I. I., Egorova G. P., Gerasimova T. V., Drugova E. V.* and etc. Collection of world genetic resources of grain legumes VIR: replenishment, preservation and study. Methodical guidelines (Kollekciya mirovyh geneticheskikh resursov zernovyh bobovyh kul'tur VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie. Metodicheskie ukazaniya) / St. Petersburg : VIR, 2010, 141 p. [in Russian] (*Вишнякова М. А., Булынтцев С. В., Буравцева Т. В., Бурляева М. О., Сеферова И. В., Александрова Т. Г., Яньков И. И., Егорова Г. П., Герасимова Т. В., Другова Е. В.* и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. СПб. : ВИР, 2010. 141 с.).
- Yarosh N. P., Benken I. I.* Determination of biologically active substances of seeds. Methodological guidelines. (Opredelenie biologicheskii aktivnyh veshchestv semyan. Metodicheskie ukazaniya.). Leningrad : VIR, 1984, 74 p. [in Russian] (*Ярош Н. П., Бенкен И. И.* Определение биологически активных веществ семян. Методические указания. Л. : ВИР, 1984. 74 с.).
- Yarullina L. G., Akhatova A. R., Kasimova R. I.* Hydrolytic enzymes and their protein inhibitors in the regulation of plant interactions with pathogens (Gidroliticheskie fermenty i ih belkovye inhibitory v regulyacii vzaimootnoshenij rastenij s patogenami.) // *Fiziologiya rastenii – Russian Journal of Plant Physiology*, 2016, vol.63, no. 2, pp. 205–217 [in Russian] (*Яруллина Л. Г., Ахатова А. Р., Касимова Р. И.* Гидролитические ферменты и их белковые ингибиторы в регуляции взаимоотношений растений с патогенами // Физиология растений. 2016. Т. 63, № 2. С. 205–217).
- Zaitsev V. N.* The selection value of common bean samples of various origins in the conditions of the south of the Non-chernozem zone of the RSFSR (Selekcionnaya cennost' obrazcovf asoli razlichnogo proiskhozhdeniya v usloviyah yuga Nechernozemno zony RSFSR: diss. ... kand. s.-kh. nauk). Orel, 1987, 79 p. ([in Russian] (*Зайцев В. Н.* Селекционная ценность образцов фасоли различного происхождения в условиях юга Нечерноземной зоны РСФСР: дисс. на соиск. уч. ст. канд. с.-х. наук. Орел, 1987. 79 с.).

УДК 635.356. (470.64.)

Е. Г. Гаджимустапаева

Филиал Дагестанская опытная станция
Всероссийского института генетических
ресурсов растений им. Н. И. Вавилова,
368600, Россия, г. Дербент,
пер. Степной, д. 27.
e-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Ключевые слова:

брокколи, сорт, гибрид, период
вегетации, качество головок,
условия выращивания

Поступление:

08.02.2018

Принято:

19.09.2018

**ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД НОВЫХ
КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ БРОККОЛИ В
ЮЖНОМ РЕГИОНЕ ДАГЕСТАНА**

Актуальность. Капуста брокколи имеет ценный химический состав, является источником минеральных элементов, аскорбиновой кислоты, значительного количества азотистых и биологически активных веществ, обладает лечебными свойствами. Для круглогодичного выращивания этой ценной культуры в Дагестане требуется создать конвейер сортов и гибридов разных групп спелости, определить сроки посева и высадки рассады. **Материал и методика.** Изучено 14 сортов и гибридов капусты брокколи, полученных из мировой коллекции ВИР, в сравнении с сортом-контролем 'Тонус'. Исследования проводили на филиале Дагестанская ОС ВИР в 2015–2017 гг. в летне-осенней культуре выращивания. Посев семян на рассаду в открытом грунте проводили во II декаде июня, всходы получены 23–24 июня. Высадка рассады производилась в III декаде июля. Схема посадки 70x40 см, площадь деланки для одного образца 8,4 м². Агротехника выращивания общепринятая для капустных культур в данном регионе. **Результаты и выводы.** При летне-осеннем сроке выращивания в Дербентском районе можно получить качественный урожай брокколи. В процессе изучения была определена продолжительность вегетационного периода образцов и качество продукции в зависимости от температурных факторов года изучения, установлены оптимальные дозы внесения минеральных удобрений, количество химических обработок против вредителей. Для получения товарной головки у брокколи главными лимитирующими факторами являются температура и влажность почвы и воздуха. Чем дольше период роста в первой фазе после посадки до начала формирования головок протекает в температурном интервале от 15 до 20°C, тем выше урожайность. Чем дольше период от начала формирования головки до полной хозяйственной годности образца проходит при температуре выше 25°C, тем ниже качество товарной головки. Чем дольше период с температурой от 15 до 20°C в первой фазе и с температурой от 10 до 15°C во время формирования головки, тем ниже процент головок брокколи с бугристой поверхностью. Температура выше 20°C во второй фазе способствовала формированию рыхлых головок с прорастанием цветков. Дружное формирование товарных головок отмечено у стандартного сорта 'Тонус': формирование 10% центральных головок происходит на 82-ой день, а 100% – на 90-й, т. е. в течение всего восьми дней. Скороспелые сорта брокколи показали низкое качество головок: крупные бутончики, бугристость, быстрое расхождение головок. Экспериментальные данные по выращиванию товарных головок капусты брокколи можно рекомендовать для фермеров и овощеводов-любителей.

E. G. Gadjimustapaeva

Dagestan Experiment Station of the N. I. Vavilov All-Research Institute of Plant Genetic Resources,
27, Stepnoy Pereulok, Derbent, 368600, Russia;
e-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Key words:

broccoli, variety, hybrid, growing season, head quality, growing conditions

Received:

08.02.2018

Accepted:

19.09.2018

THE GROWING SEASON OF BROCCOLI IN THE SOUTHERN REGION OF DAGESTAN

Background. Broccoli has valuable chemical composition, is a source of mineral elements, ascorbic acid, a significant amount of nitrogenous and biologically active substances, and has medicinal properties. For the year-round cultivation of this valuable crop in Dagestan, it is required to develop a conveyor of varieties and hybrids of different ripening groups, and determine the timing of planting seeds and transplanting seedlings.

Materials and methods. Fourteen varieties and hybrids of broccoli from the global collection of VIR were studied in comparison with the 'Tonus' reference variety. Research was carried out at Dagestan Experiment Station of VIR in 2015–2017 in the summer/autumn season of crop cultivation. Seeds for seedlings were sown in open ground in the second 10-day period of June; shoots were obtained on June 23–24. Transplanting of the seedlings was carried out in the third 10-day period of July. The planting scheme was 70x40 cm; the plot area for one accession was 8.4 m². Agricultural practice used for cultivation is generally accepted for cabbage family crops in the region. **Results and conclusions.** In the summer/autumn season of cultivation, it is possible to harvest high-quality broccoli crop in Derbent District. During the study, the length of the growing season for the accessions and the quality of the harvest were determined, taking into account the effect of temperature factors in the year of study. Optimal doses of mineral fertilizers and the best number of chemical treatments against pests were identified. To obtain a marketable head in broccoli, the main limiting factors are the temperature and humidity of soil and air. The longer the temperature stays within the range from 15 to 20°C during the growth period in the first phase after planting before the start of head formation, the higher is the yield. The longer the temperature remains above 25°C during the period from the beginning of head formation to the accession's full commercial fitness, the lower is the quality of the marketable head. The longer are the periods with temperatures between 15 and 20°C during the first growth phase and with temperatures between 10 and 15°C during the formation of the head, the lower is the percentage of broccoli heads with a rough uneven surface. The temperature above 20°C in the second phase was conducive to the formation of loose heads with emergence of flowers. Uniform formation of marketable heads was observed in the reference variety 'Tonus': 10% of central heads were formed on the 82nd day, and 100% on the 90th, that is within only eight days. Early-ripening broccoli varieties showed poor head quality: large buds, uneven surface, and rapid divarication of heads. Experimental data on the cultivation of marketable broccoli heads may be recommended to farmers and amateur vegetable growers.

Введение

Капуста брокколи (*Brassica oleracea* L. convar. *Botrytis* var. *cymosa* Duch. = var. *italic* Plenck) получила свое название от итальянского слова «covoło broccolis» – «стеблевая капуста» (Pivovarov, 2007). В отличие от близкородственной цветной капусты брокколи является более скороспелой культурой, менее требовательна к условиям выращивания. По мнению многих авторов (Andreev, 2002; Tarakanova, Mukhina, 2003; Mikoyelyan, Nurmetov, 2005; Kaluzewiczetal., 2009), капуста брокколи не только не уступает цветной, но и превосходит ее по скороспелости, высокой продуктивности, а также по содержанию витаминов, незаменимых аминокислот, белков.

Особое внимание на брокколи обратили в XX веке после аварии на Чернобыльской атомной станции, поскольку она способствует выведению из организма солей тяжелых металлов и продуктов их распада (Potarova, 2012).

Биологические особенности.

Растения брокколи достигают высоты 60–100 см. Стебель оканчивается соцветием, называемым «головка». Листья крупные, с черешками, цельно-крайние, край волнообразно изогнутый. Пластинка листа характерной лировидной формы со светло-зеленоватыми жилками покрыта восковым налетом от слабой до сильной степени.

Капуста брокколи относительно устойчива к холоду и выдерживает заморозки до -7°C . Одним из достоинств этой культуры является способность формировать повторный урожай на боковых побегах после уборки основного урожая на центральном стебле.

По данным М. Бунина, В. Гинс (Bunin, Hins, 2007), наиболее подходящими для выращивания брокколи являются плодородные почвы с рН 6,0–6,5. Брокколи – культура, достаточно требовательная к содержанию органических и минеральных веществ в почве, так как имеет относительно поверхностную корневую систему. Корни растений проникают на глубину 35–50 см, но основная их масса расположена на глубине 20–30 см.

По данным Г. А. Разумкова (Razumkov, 2009), формирование урожая капусты брокколи начинается сразу после образования 16–22 нормально развитых листьев при оптимальных условиях выращивания.

По мнению А. Аутко (Autko, 2008), расширение посевных площадей и увеличение валовых сборов урожая капусты брокколи позволит обогатить рацион питания необходимыми веществами, что в конечном итоге явится важным фактором поддержания здоровья нации и неотъемлемой частью национальной политики в области питания.

Материалы и методы

Исследования проводили на филиале Дагестанская ОС ВИР в 2015–2017 гг. в летне-осенней культуре выращивания.

Объектами исследования являлись 14 сортов и гибридов капусты брокколи, полученные из мировой коллекции ВИР. Происхождение исследуемых образцов (табл. 1): Япония (8), Россия (2), США (2), Канада (1), Нидерланды (1). В качестве контрольного образца взят сорт ‘Тонус’.

Посев семян на рассаду в открытом грунте проводили во II декаде июня, всходы получены 23–24 июня. Высадка рассады производилась в III декаде июля. Схема посадки 70x40 см. Повторность двукратная, площадь делянки 8,4 м².

Агротехника выращивания общепринятая для капустных культур в данном регионе. Уход за растениями брокколи заключался в обработке всходов (дважды) против крестоцветной блошки инсектицидом «Актара» (СП, норма 60 г на 300 л/га), окучивании растений для ускорения корнеобразования, еженедельных поливах в вечернее время, рыхлении для устранения почвенной корки и в уничтожении сорняков. В период вегетации проводилась профилактическая обработка растений против капустной совки и капустной белянки инсектицидами «Фастак» (ВР, норма расхода 60 мл на 300 л/га) и «Проклейм» (норма расхода 300 г на 300 л/га).

При проведении фенологических наблюдений отмечали даты посева и посадки, закладку соцветий (головки) на главном стебле, появление боковых побегов и закладку соцветий на них, дату первого и последующих сборов урожая.

Биометрические исследования 10 растений в каждом варианте проводили каждые 10 дней, начиная от посадки. Определяли высоту и характер расположения листьев, диаметр розетки, высоту главного стебля, число листьев, длину и ширину листовой пластинки и черешка, число боковых побегов и число листьев на них.

Учет урожая вели по мере созревания головок (10; 50; 100% хозяйственной годности) и поступления урожая пасынков. При уборке учитывали массу и количество головок, среднюю массу центральной головки, а также общую массу и количество боковых побегов с одного растения и с делянки.

Увеличение объема производства овощной продукции может быть достигнуто путем усовершенствования элементов технологии их возделывания, где важнейшее значение имеет система применения минеральных удобрений (Zabara et al., 2012). Под исследуемые образцы брокколи вносили дробно три раза минеральное удобрение: первая подкормка проводилась в рассаднике аммиачной селитрой с расчета 20–25 г/м²; вторая – через 10 суток после высадки аммиачной селитрой из расчета 150 кг/га и третья – через 20 суток после второй подкормки нитроаммофоской – 200 кг/га.

Климатические условия выращивания коллекции брокколи в 2015–2017 гг. Анализ метеорологических показателей за этот период свидетельствует о неблагоприятных для растений климатических условиях.

Начиная с первой декады июня 2015 г. держалась высокая температура воздуха 26,2°C и низкая средняя влажность – 59%. Максимальные значения среднесуточных температур были выше среднемноголетних показателей на 8,8–9,1°C. В июле наблюдалось наибольшее термическое напряжение и повышенная солнечная активность. Жаркая погода сохранялась более двух месяцев. Максимальная температура воздуха в летний период достигала в среднем 35,7°C. Особенно сильная засуха ощущалась во второй и третьей декадах июня. Спорадическое выпадение осадков было отмечено во второй и третьей декадах июля. Большое количество осадков выпало в октябре – 140,6 мм и в ноябре – 160 мм, что выше климатической нормы в три-четыре раза.

Лето 2016 г. также было жарким со средней влажностью воздуха 64%. Сумма осадков за три месяца (июнь–август) составила 113,1 мм. Максимальная температура воздуха в летние месяцы достигала 35,6°C.

Осень была прохладная и дождливая, периодически выпадали незначительные осадки. В октябре осадков выпало значительно выше нормы – 204,0 мм. В ноябре выпал снег, и минимальная температура воздуха достигла –1,5°C, в декабре –6,4°C, что не повлияло на развитие растений брокколи.

Начало вегетационного периода 2017 г. было жарким при низкой влажности воздуха. В летние месяцы периодически выпадали незначительные осадки.

С сентября по ноябрь осадки отсутствовали, сохранялись положительные температуры, и растения продолжали вегетацию при поливе по бороздам. Образование головок у брокколи продолжалось до января 2018 г. включительно.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по изучению и поддержанию мировой коллекции капусты ВИР (Methodical instructions..., 1988) и методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (The method..., 1983), математическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (Dospikhov, 1985).

Результаты и обсуждение

Брокколи – культура многоплодного сбора, формирование урожая растянуто во времени, что связано с двумя основными факторами: длительным периодом формирования основной продукции (головка на центральном побеге) и последующим дополнительным формированием урожая (на побегах второго порядка). Растянутасть формирования центральных головок связана с погодными условиями в период вегетации и биологическими особенностями выращиваемых сортов и гибридов. Важно наблюдать за культурой брокколи в период созревания центральных головок и дополнительного II и III порядков мелких головок. Для своевременного созревания дополнительного урожая необходимо правильно срезать центральную головку.

Хозяйственно-биологическая характеристика сортов и гибридов брокколи показана в таблице 1.

Таблица 1. Продолжительность вегетационного периода сортов и гибридов брокколи при возделывании в летне-осенней культуре (Дербент, 2015–2017 гг.)
Table 1. Duration of the growing season for broccoli cultivars and hybrids cultivated in the summer/autumn cropping period (Derbent, 2015–2017)

Номер кат. ВИР	Название сорта	Происхождение	Длительность периода формирования головок, сутки		
			среднее и ошибка среднего		
			2015 г.	2016 г.	2017 г.
252	Тонус (стандарт)	ВНИИССОК	57,6±9,26	49,6±2,33	65,6±8,56
354*	Фортуна	Россия	88±6,42	104±10,11	–
196	Coastal 57051 A	Канада	85,3±7,88	56,6±4,09	82,3±10,83
210	Burpess green bud	США	57,6±9,26	45±4,04	54±4,35
275	Packer	США	59,6±6,88	52±5,85	90±17,43
159*	Sureer №74310 F1 RS	Нидерланды	60,3±4,66	53,6±5,54	78,6±11,69
284	Hybrid Express Corona	Япония	81±4,16	85±11,01	76±8,96
291	Arcadia F1	Япония	75,6±6,96	57,6±5,48	87,3±8,08
295	Hybrid Southern Comet	Япония	81±4,16	52,3±7,53	82±11,59
296	Hybrid Cape Queen	Япония	69±2,3	71,3±10,71	81±10,58
297	Marathon F1	Япония	96,3±6,88	86,6±10,98	99,3±7,62
299	Comanche	Япония	71,6±6,96	66,6±11,56	84,6±11,89
300	Senshi F1	Япония	85±7,57	81,3±8,41	101,6±9,52
301	Triathlon F1	Япония	85±7,57	76,3±8,66	99,6±7,88
НСР _{0,05}			9,46	14,04	20,64

*временный каталог ВИР.

По числу дней от всходов до наступления хозяйственной годности головок сорта и гибрида распределены на: скороспелые (70–85 дней), среднеспелые (86–95 дней) и позднеспелые (96 дней и более).

Данные таблицы свидетельствуют о том, что поступление товарного урожая при выращивании брокколи неравномерно и зависит от климатических условий и периода вегетации сортов или гибридов.

Отмечено, что под влиянием высокой температуры при дефиците влаги головки начинали деформироваться, появлялись единичные цветки. Такие физиологические нарушения в период формирования головок характерны для образцов: ‘Hybrid Expressy Corona’, ‘Hybrid Southern Comet’, ‘Hybrid Cape Queen’ (Япония) и ‘Sureer №74310 F1 RS’ (Нидерланды).

Динамику ростовых процессов, происходящих в растении на протяжении вегетационного периода, оценивают по скорости наступления фенологических фаз (Курегман, Rzhanova, 1963). По фенологическим наблюдениям и показателям судят о скороспелости сорта и гибрида, их индивидуальных особенностях развития в разных климатических регионах.

Созревание головок у 10% растений брокколи стандартного сорта ‘Тонус’ отмечено в 2015 г. (сентябрь) на 41-е, в 2016 г. – на 46-е и в 2017 г. (1 октября) – на 52-е сутки после высадки рассады. Созревание головок у 100% растений сорта ‘Тонус’ отмечено 9 и 30 октября в 2015 и 2017 гг. и 20 сентября – в 2016 г., соответственно, на 74, 54 и 82 день после высадки рассады. Среднее значения и ошибка среднего у стандартного сорта по годам: $57,6 \pm 9,26$; $49,6 \pm 2,33$ и $65,6 \pm 8,56$ соответственно.

Дружное формирование и поступление товарных головок у брокколи происходит в течение 8–30 дней. Все образцы брокколи отличались более растянутым периодом формирования головок (от 10% до 100%) и поступления товарных головок.

Период от посадки до первого сбора центральных головок разделен на три части. После посадки рассады растение начинает интенсивно формировать розетку листьев. Начало заложения головки отмечено в среднем на 19 листе у скороспелых образцов и на 21–23 листе у позднеспелых. И только при наличии определенного количества листьев начинается формирование головки. Нужно отметить, что для формирования головки у брокколи главными лимитирующими факторами являются температура и влажность почвы и воздуха. Чем дольше период роста в первой фазе после посадки до начала формирования головок протекает в температурном интервале от 15 до 20°C, тем выше урожайность. Чем дольше период от начала формирования головки до полной хозяйственной годности образца проходит при температуре свыше 25°C, тем ниже качество товарной головки. Чем дольше период с температурой от 15 до 20°C в первой фазе и с температурой от 10 до 15°C во время формирования головки, тем ниже процент головок брокколи с бугристой поверхностью. Температура выше 20°C во второй фазе способствовала формированию рыхлых головок с прорастанием цветков. Дружное формирование товарных головок отмечено у стандартного сорта ‘Тонус’: формирование 10% центральных головок происходит на 82-ой день, а 100% – на 90-й, т. е. в течение всего восьми дней. Скороспелые сорта брокколи показали низкое качество головок: крупные бутончики, бугристость, быстрое расхождение головок.

Длительные периоды с температурой выше 20°C во время формирования и сбора урожая способствовали рыхлости головок в сентябре и октябре 2017 г.

Климатические условия в годы исследования, уровень агротехники и сортовые особенности сортов и гибридов оказали влияние на биометрические показатели растений (табл. 2). Следует отметить, что в условиях засушливого 2017 г. за вегетационный период у растений было сформировано меньше листьев по сравнению с 2015 и 2016 гг.

Таблица 2. Биометрические показатели растений сортов и гибридов брокколи в летне-осенний период выращивания (Дербент, 2015–2017 гг.)
Table 2. Biometric indicators of broccoli cultivars and hybrids grown in the summer/autumn period of cultivation (Derbent, 2015–2017)

Кат. ВИР	Название сорта	Розетка листьев, см		Пластинка листа, см			Число листьев, шт.
		высота	диаметр	длина	ширина	длина черешка	
252	Тонус (стандарт)	61,5±0,32	75±2,93	26±1,32	20±1,18	16,5±1,25	26,3±1,33
354*	Фортуна	42±21,08	72,9±0,45	25,9±2,1	19,8±1,2	18,2±1,05	33,5±2,5
196	Coastal 57051	71±3,04	82,9±1,91	30,6±0,88	20±0,63	14,7±0,78	28,3±3,75
210	Burpess green bud	68,3±1,03	78,7±2,76	21,8±0,92	13,4±0,26	15,4±1,18	25±2
275	Packer	59,3±0,88	78,4±2,75	29,9±1,79	19,1±0,94	18,8±0,6	27,3±1,45
159*	Sureer № 74310 F1 RS	56,1±2,45	68,7±2,9	27,2±3,81	19,4±1,24	16,7±1,32	34,6±2,72
284	Hybrid Express Corona	74,3±5,4	87,5±5,87	30,7±1,61	20,2±1,01	19±1,37	28,6±2,6
291	Arcadia F1	57,7±2,05	72,5±0,64	24,3±1,51	18,4±0,83	13,1±0,49	36,3±3,75
295	Hybrid Southern Comet	51,3±3,71	78,8±4,06	25,8±1	21,9±2,25	16,6±1,51	25,3±2,96
296	Hybrid Cape Queen	74,9±3,47	84±2,58	31,1±2,71	22,5±1,41	18,6±1,45	22±1,73
297	Marathon F1	60,1±2,35	76,3±1,79	26,7±0,77	18±0,12	17,3±0,17	37,6±4,8
299	Comanche	55,9±1,35	73,6±2,34	29,5±3,06	21±1,27	13,6±0,56	28,6±1,76
300	SenshiF1	63±0,28	82,8±3,6	26,6±0,26	16,5±0,28	17,7±0,47	24±2,08
301	Triathlon F1	62,4±2,13	85,7±2,37	30,9±2,05	19±1,7	18,2±0,9	32,3±0,66
НСР _{0,05}		5,30	3,30	3,24	2,37	1,84	3,84

На средние значения биометрических показателей, таких как высота растений, диаметр розетки, число листьев и побегов повлиял засушливый 2017 г. Так, уменьшение количества боковых побегов, листьев, длины и ширины листовой пластинки способствовало более поздней уборке центральных головок.

Биометрические показатели стандартного сорта 'Тонус': высота растений 61,5±0,32 см, диаметр 75±2,93 см, длина пластики листа 26±1,32 см, ширина – 20±1,18 см, длина черешка 16,5±1,25 см и число листьев 26,3±1,33 шт. Наименьшая существенная разность у образцов брокколи выявлена: по высоте растений – 5,30; диаметре розетки листьев – 3,30. Листовая пластинка: длина – 3,24; ширина – 2,37; длина черешка – 1,84 и количество листьев – 3,84.

Съем центральных головок у растений брокколи стимулирует рост новых боковых побегов и образование головок (соцветий) урожая II порядка (см. табл. 2). В наших широтах (Дагестан, Дербент) в летне-осенний период вегетации растения брокколи развиваются до последних чисел декабря (и даже в январе, например, в 2017 и 2018 гг.).

Результаты исследования образцов брокколи по продуктивности представлены в таблице 3. Высокая продуктивность изученных образцов брокколи зависит от правильной агротехники.

Таблица 3. Агробиологическая оценка, продуктивность и качество головок образцов брокколи в летне-осеннем сроке выращивания (Дербент, 2015-2017 гг.)
Table 3. Agrobiological assessment, productivity and quality of broccoli head samples in the summer/autumn period of cultivation (Derbent, 2015-2017)

Название образца, происхождение	Головка				
	высота, см	диаметр, см	средняя масса центральной головки, кг	урожай второго порядка с делянки, кг	плотность, балл
Тонус (стандарт)	15,4±1,07	16,7±0,87	0,3±0,03	1,9±0,15	3,9
Burpess green bud	14,2±2,24	14,2±1,21	0,2±0,04	0,8±0,44	3,8
Hybrid Southern Comet	15±0	14±1	0,2±0,03	1,6±0,1	3,6
Packer	16,5±0,86	13,8±0,78	0,2±0,04	1,1±0,06	3,2
Sureer №74310 F1 RS	13,6±1,93	12,5±1,25	0,2±0,03	1±0,71	3,3
Comanche	17,1±2,65	14,4±0,89	0,2±0,04	1,8±0,74	3,9
Arcadia F1	14,9±2,45	13,9±0,54	0,2±0,06	0,4±0,39	3,3
Coastal 57051 A	15,1±1,94	15,3±0,14	0,2±0,01	1,7±0,44	3,7
Hybrid Cape Queen	14±0,64	14,6±0,17	0,2±0,04	1,2±0,82	4,0
Triathlon F1	14,1±1,56	14,6±1,06	0,3±0,07	1,2±0,51	4,0
Senshi F1	13,2±0,26	14,1±0,72	0,2±0,02	0,6±0,3	3,9
Hybrid Express Corona	13,7±1,8	13,8±0,4	0,3±0,04	0,5±0,18	3,9
Marathon F1	10,6±5,3	9,3±4,69	0,3±0,08	1,3±0,79	3,9
Фортуна	16,4±1,61	15,6±0,31	0,3±0,01	1,2±0,31	3,6
НСР _{0,05}	0,98	0,79	0,03	0,41	



Рисунок. Marathon F1 (Япония) перед снятием головки (слева), рост пасынков после снятия головки (справа)

Figure. Marathon F1 (Japan) before removing the head (left); the growth of epicormic shoots after removing the head (right)

У стандартного сорта 'Тонус' средняя масса основной головки $0,3\pm 0,03$ кг. Средняя масса головок у выделившихся образцов брокколи по продуктивности: 'Triathlon F1' – $0,3\pm 0,07$ кг; 'Hybrid Express Corona' – $0,3\pm 0,04$; 'Marathon F1' – $0,3\pm 0,08$ и 'Фортуна' – $0,3\pm 0,01$.

По образованию головок второго порядка на растениях брокколи после съема центральной головки выделились образцы: 'Тонус'– $1,9\pm 0,15$ кг; 'Comanche'– $1,8\pm 0,74$; 'Coastal 57051 A'– $1,7\pm 0,44$; 'Hybrid Southern Comet' – $1,6\pm 0,1$; 'Marathon F1' – $1,3\pm 0,79$.

Качество головок у брокколи оценивали по плотности и продолжительности периода до расхождения головки, а также наличию физиологического нарушения (прорастание крупных бутонов и начало цветения). Высоким качеством центральных головок и головок второго порядка выделились образцы: 'Marathon F1', 'Triathlon F1', 'Hybrid Cape Queen', 'Hybrid Express Corona', 'Senshi F1', 'Comanche' и 'Тонус' – 4,0–3,9 балла.

В данной работе нас заинтересовали скороспелые образцы. Оказалось, что у растений скороспелых сортов брокколи низкое качество головок, крупные бутончики, бугристость, быстрое расхождение головок, что оценивается в 3,2–3,3 баллов.

Выводы

1. При летне-осеннем сроке выращивания в Дербентском районе можно получить качественный урожай брокколи. Для получения товарной головки у брокколи главными факторами являются температура и влажность почвы и воздуха.
2. Чем дольше период роста в первой фазе после посадки до формирования головок протекает в температурном интервале от 15 до 20°C, тем выше урожайность. Чем дольше период формирования и сбора урожая проходит при температуре выше 25°C, тем ниже качество товарной головки.
3. Чем дольше период протекает с температурой от 20 до 15°C и с температурой от 10 до 15°C во время сбора урожая, тем ниже процент головок брокколи с бугристой поверхностью.
4. Температура выше 20°C во время сбора урожая способствовала формированию рыхлых головок с прорастанием цветков.
5. Выделены пластичные образцы брокколи: 'Тонус', 'Packer', 'Arcadia F1', 'Triathlon F1', 'Marathon F1'.
6. Чем быстрее растение проходит фазу формирования листовой розетки, тем раньше начало формирования центральных головок, а после их съема – начало формирования головок второго порядка. В Южном регионе Дагестана отмечено начало формирования головок до образования 16–22 листьев.

Работа выполнена в рамках государственного задания по тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0010 «Создание форм, линий, генетических источников и доноров новых эффективных генов и полигенов, контролирующих хозяйственно ценные признаки, а также выделение сортового поколения с надежной генетической защитой от вредоносных болезней и вредителей, высокой продуктивностью и качеством продукции», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710365-6.

References/Литература

- Andreev Yu. M. Vegetable growing. Moscow : Profibrizdat, 2002, 256 p. [in Russian] (Андреев Ю.М. Овощеводство. М. : Профобриздат, 2002. 256 с.).
- Autko A. A. Vegetables in Human Nutrition. Minsk : Belorussian Science, 2008, 310 p. [in Russian] (Аутко А. А. Овощи в питании человека. Минск : Белорус. наука, 2008. 310 с.).

- Bunin M. S., Hins V. K.* Vegetables as a product of functional purpose. Michurinsk : MichGAU Publish., 2007, pp. 68–71 [in Russian] (*Бунин М. С., Гинс В. К.* Овощи как продукт функционального назначения. Мичуринск : Изд-во МичГАУ. 2007, С. 68–71).
- Dospetchov B. A.* Metodik's armor of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow : Agropromizdat, 1985, 351 p. [in Russian] (*Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.).
- Zabara Yu., Grebennikova L., Sobolev S.* Influence of complex mineral fertilizers and methods of growing seedlings on productivity and quality of production of broccoli cabbage // Vegetable farming and hothouse. economy, 2012, no 2, pp. 3–35 [in Russian]. (*Забара Ю., Гребенникова Л., Соболев С.* Влияние комплексных минеральных удобрений и приемов выращивания рассады на урожайность и качество продукции капусты брокколи // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2012. № 2. С. 30–35).
- Kuperman F. M., Rzhanova U. I.* Stages of organogenesis in the ontogeny of higher plants // Biology of plant development. Moscow, 1963. 424 p. [in Russian] (*Куперман Ф. М., Ржанова У. И.* Этапы органогенеза в онтогенезе высших растений // Биология развития растений. М., 1963. 424 с.).
- Methodical instructions* for studying and maintaining the world collection of cabbage // Ed. G. V. Boos. Leningrad : VIR, 1988, 117 p. [in Russian] (*Методические указания* по изучению и поддержанию мировой коллекции капусты / Сост. Г. В. Боос, Т. И. Джохадзе, А. М. Артемьева и др. Л. : ВИР, 1988. 117 с.).
- The method of state variety testing of agricultural crops.* / Ed. M. A. Fedin. Iss.4. The State. com. On the variety testing of crops under the Ministry of Agriculture of the USSR. Moscow, 1983, 45 p. [in Russian] (*Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур* / под общ. ред. М. А. Федина. Вып. 4. Гос. ком. По сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при МСХ СССР. М., 1983. 45 с.).
- Mikoyelyan G. A., Nurmetov R. D.* Vegetable-growing. Minsk : Belarus. nauka, 2005, 425 p. [in Russian] (*Микоелян Г. А., Нурметов Р. Д.* Овощеводство. Минск: Белорус. наука, 2005. 425 с.).
- Pivovarov V. F.* Selection and seed-growing of vegetable cultures. Moscow: 2007, 808 p. [in Russian] (*Пивоваров В. Ф.* Селекция и семеноводства овощных культур. М.: 2007. 808 с.).
- Potapova S. S.* Comparative characteristics of prospective hybrids of broccoli // Bulletin of NSAU, 2012, no. 3 (24), pp. 20–24 [in Russian] (*Потанова С. С.* Сравнительная характеристика перспективных гибридов брокколи // Вестник НГАУ. 2012. № 3(24). С. 20–24).
- Razumkov G. A.* Varietal features of the formation of the broccoli cabbage harvest at different growth times // The Author's abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences. Moscow, 2009, 23 p. [in Russian] (*Разумков Г. А.* Сортовые особенности формирования урожая капусты брокколи при разных сроках выращивания: автореф. дис ... канд. с.-х. наук. М., 2009. 23 с.).
- Tarakanova G. I., Mukhina V. D.* Vegetable growing. Moscow : Kolos, 2003, 472 p. [in Russian] (*Тараканова Г. И., Мухина В. Д.* Овощеводство. М. : Колос, 2003. 472 с.).
- Kaluzewicz A., Krzesinski W., Knaflowski M.* Effect of temperature on the yield and quality of broccoli heads // Vegetable crops research bull. Skierniewice, 2009, vol. 71, pp. 51–58.

УДК: 633.511:631.527

**С. В. Григорьев¹,
Т. В. Якушева²**

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44

² Филиал Кубанская опытная станция ВИР, Россия, 352183, Краснодарский кр., Гулькевичский р-н, п. Ботаника, ул. Центральная, д. 2.
e-mail: ser.grig@mail.ru

Ключевые слова:

Gossypium hirsutum L., хлопчатник, продуктивность, хлопковое волокно, качество волокна по HVI

Поступление:

06.09.2018

Принято:

19.09.2018

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ
ХЛОПЧАТНИКА *GOSSYPIMUM HIRSUTUM* L. В
УСЛОВИЯХ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Актуальность. Производство, переработка и реализация хлопка являются важнейшей составляющей мировой экономики. Мировые посевные площади под хлопчатником за прошедшие пять лет увеличились, а общий объем производства хлопка вырос почти в два раза. Хлопок является самым востребованным из натуральных волокон в РФ, доля 100% хлопкового текстиля в торговом ассортименте достигает 54%. Эффективное использование существующего разнообразия типов климата России для решения приоритетных задач отечественной промышленности и сельскохозяйственного производства имеет важное инновационное значение, принимая во внимание, что импортный хлопок составляет более 40% потребляемого легкой промышленностью России текстильного сырья. Оценка влияния почвенно-климатических условий юга России на урожайность хлопчатника и формирование физико-механических свойств хлопкового волокна является достаточно актуальной и своевременной. **Материалы и методы.** В 2016 г. проведено исследование хлопчатника *Gossypium hirsutum* L. интродукционного каталога в степной части Прикубанской равнины Краснодарского края (филиал Кубанская опытная станция ВИР, Гулькевичский район) согласно методическим указаниям ВИР. Исследование приоритетных признаков качества хлопкового волокна проведено с учетом тенденций технологической оценки на мировом рынке (методы HVI). **Результаты и выводы.** Выявлены образцы, имеющие на 120-е сутки от посева 75–100% созревших растений. Продуктивность по волокну растения изученных беловолокнистых образцов имела невысокие значения. За некоторым исключением образцы с цветным волокном отличались от беловолокнистых меньшей продуктивностью растения. Образец и-604984 превосходил стандарт по продуктивности волокна с растения, массе коробочки и выделялся высоким выходом волокна. По результатам анализа длины волокна (показатель UNML, система HVI), образцы дают волокно, которое может быть отнесено по стандарту республики Узбекистан к качественному волокну 4-го и 5-го типа. Волокна всех образцов имели высокую и очень высокую степени равномерности по длине. Образцы и-604971 и и-604975 выделялись прочным волокном. Деформационная устойчивость волокон практически всех образцов находилась в пределах нормы. Все интродукционные беловолокнистые образцы демонстрировали нормальные значения микронейра, соответствующие хорошей степени зрелости и извитости волокон, наиболее приемлемой в текстильной промышленности. По показателю микронейра волокна окрашенное волокно изучаемых интродуцированных образцов незначительно отличалось от беловолокнистых стандартов незрелостью и тониной.

S. V. Grigoryev¹,
T. V. Yakusheva²

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,

²Kuban Experiment Station, branch of VIR, 2,
Centralnaya St., Botanika Settlement,
Gulkevichi District, Krasnodar Region,
352183, Russia;
e-mail: ser.grig@mail.ru

Key words:

Gossypium hirsutum L., cotton,
productivity, cotton fiber,
HVI classing system

Received:

06.09.2018

Accepted:

19.09.2018

THE STUDY OF COTTON (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.) ACCESSIONS IN KRASNODAR REGION

Background. Cotton production, processing and trade are essential part of the world economy. The acreage under cultivated cotton over the world has expanded during the past five years, while total production of cotton fiber has increased almost twice. Cotton is the most demanded natural fiber in Russia: the share of pure cotton in Russian commercial textile trade is up to 54%. Effective use of Russia's diverse climate conditions to solve priority tasks of the domestic industry and agriculture has high innovative importance, considering that the share of imported cotton in the country's total textile inputs used by its light industry is 40%. Therefore, it is urgent and important enough to evaluate the effect of soil and climate conditions in the south of Russia on cotton yield and fiber quality. **Materials and methods.** In 2016, a research was accomplished to evaluate the accessions of *Gossypium hirsutum* L. listed in the introduction catalogue in the steppe areas of Prikubanskaya Plain, Krasnodar Region (Kuban Experiment Station of VIR, Gulkevichi District), according to VIR's guidelines. The most important features of cotton fiber were estimated in the context of the trends existing on the world market (HVI testing). **Results and conclusions.** Accessions that produced 75–100% of mature plants after 120 days of vegetation were described. Fiber yield of the studied white fiber accessions was not high. With some exceptions, accessions yielding naturally colored fiber had lower productivity than white fiber ones. The accession i-604984 exceeded the reference in fiber productivity, boll weight, and fiber harvest. The results of HVI tests showed that the evaluated accessions yielded fiber of good quality (4–5th type of the O'zDSt604-2001 standard, Uzbekistan). Fiber of the accessions i-604971 and i-604975 had the best strength. The fibers of all accessions demonstrated high or very high degree of uniformity in length. All white fiber accessions demonstrated normal micronaire values, quite acceptable for textile industry. Micronaire indicators of colored cotton accessions were only slightly lower than those of white fiber ones in maturity and fineness, but these differences were not significant when compared with the references.

Введение

Производство, переработка и реализация хлопка являются важнейшей составляющей мировой экономики в 21 веке. Согласно данным (Robinson, 2015; Cotton coverage, 2018), мировые посевные площади под хлопчатником за прошедшие пять лет увеличились на 3 млн и достигли 35 млн гектар. Общий объем производства хлопка вырос почти в два раза и превысил \$ 2,5 млрд в 2017 году. Объем экспортных операций с хлопком также значительно вырос и достиг \$ 2 млрд. В натуральном выражении производство хлопкового волокна в мире неуклонно растет с 2001 г. и достигло 120 млн кип (227 кг) в 2017 г.

Эффективное использование существующего разнообразия типов климата России для решения широкого круга приоритетных задач отечественной промышленности и сельскохозяйственного производства имеет важное инновационное значение, принимая во внимание, что импортный хлопок составляет более 40% потребляемого легкой промышленностью России текстильного сырья, а выпуск хлопчатобумажных тканей достигает 85% ассортимента. Разнообразные текстильные товары повседневного спроса, произведенные с использованием хлопка, занимают важное место в торгово-экономических связях РФ. Исследования структуры ассортимента по волокистому составу женской, мужской и детской одежды для сна, мужского и женского нижнего белья, постельного белья, текстильной продукции для дома, реализуемого на европейском и российском рынках в 2013–2017 гг., показали, что из натуральных волокон самым востребованным является хлопок (Illarionova, Grigoryev, 2018). Доля хлопкового текстиля в ассортименте достигает 54%. Усиливающийся хлопковый тренд обусловлен тенденцией расширения производства экологичных товаров для развития концепции здорового образа жизни. Несмотря на предпринимаемые в РФ и странах Европы попытки расширить или сохранить производство и использование иного растительного волокна, в силу ряда причин это волокно продолжает и далее оставаться значительно невостребованным. Исследованиями показано, что основным волокном для производства широкого ассортимента текстильных товаров остается хлопок: 20–57% ассортимента таких товаров, как женское и мужское нижнее белье, одежда для сна взрослых и детей сделано из стопроцентного хлопка.

Оценка влияния почвенно-климатических условий юга России на урожайность хлопчатника и формирование физико-механических свойств хлопкового волокна является достаточно актуальной и своевременной. За последние 20 лет в РФ создано несколько сортов хлопчатника с натурально разноокрашенным волокном (Podolnaya et al., 2015; Podolnaya et al., 2016; Podolnaya et al., 2017). Исследованы приоритетные признаки качества хлопкового волокна с учетом тенденций технологической оценки на мировом рынке (Bliss, 2015).

Материалы и методы

Исследования образцов интродукционного каталога хлопчатника *Gossypium hirsutum* L., полученных на основе межвидовой и сложной межсортовой гибридизации (Grigoryev, 1999; Grigoryev et al., 2006), проводили в степной части Прикубанской равнины Краснодарского края (филиал Кубанская опытная станция ВИР, Гулькевичский район) согласно методическим указаниям (Davidian et al., 1978). Качество волокна оценено методами HVI (Platonova, Maslova, 2001). Длина волокна ряда образцов также измерялась с помощью доски

с текстильным покрытием, как это принято в селекционной практике при оценке исходного материала. Поле проведения исследования характеризуется ровным рельефом, высотой над уровнем моря 138,9 м. Уровень залегания грунтовых вод низкий (15–20 м). Почвы – мощные предкавказские черноземы. Глубина залегания гумусового горизонта достигает 130–170 см. Содержание гумуса в поверхностных горизонтах почвы сравнительно небольшое. Равнинная местность и минимальный сток воды способствуют промыванию карбонатов из верхних горизонтов в нижние, поэтому преобладающей разновидностью является слабовыщелоченный чернозем. Почвы обладают сравнительно водопроходчивой структурой, хорошей водопроницаемостью, аэрацией. Характерными особенностями климата места проведения исследований являются обилие тепла и крайняя неустойчивость всех климатических элементов. Климат умеренно континентальный, с жарким летом. Средняя дата последнего заморозка 10 апреля. Сумма среднесуточных температур за период с температурой выше 10°C составляет 3581°C.

Сумма годовых осадков в среднем 595 мм, с колебаниями от 400 до 770 мм. В годовом распределении осадков максимум приходится на июнь (76 мм). По временам года осадки в среднем распределяются следующим образом: за летние месяцы – 184 мм, за осенние – 149 мм и за весенние месяцы – 147 мм. Влажность воздуха на территории полей проведения опыта повышена. В летние месяцы содержание влаги в воздухе довольно высокое (около 60%). Однако за период с 1 апреля по 1 октября в среднем наблюдается 26 дней с относительной влажностью воздуха 30 % и ниже. Суховеи наблюдаются с апреля по сентябрь. Особенно вредоносными являются летние суховеи, которые в течение одного-двух дней могут нанести значительный ущерб урожаю сельскохозяйственных культур. Посев образцов хлопчатника проводился по гребням борозд в начале мая сразу после минования угрозы заморозков по схеме: междурядья – 70 см, между растениями в ряду – 12 см.

Результаты и обсуждение

На 120-е сутки от посева исследуемые образцы имели 75–100% созревших растений (табл. 1). Средняя продуктивность одного растения по белому хлопку-сырцу варьировала в пределах от 11,8 до 23,9 г, в то время как в условиях Средней Азии у этих же образцов она составляла 25,3–53,7 г (Grigoryev et al., 2006).

Продуктивность по волокну растения представленных беловолокнистых образцов (см. табл. 1) варьировала в невысоких значениях: 4,3–9,6 г, а длина волокна – 37,3–28,2 мм.

Интродуцированные из Средней Азии образцы с цветным волокном отличались от беловолокнистых меньшей продуктивностью (табл. 2). За исключением образца и-604984 они имели процент созревших растений на 120 сутки после посева в два раза ниже, чем стандарт. Образец и-604982 с зеленым волокном существенно отличался позднеспелостью. Однако линии с окрашенным волокном не уступали беловолокнистому стандарту по числу собранных коробочек с растения, массе сырца (крупности) коробочки. Образец и-604984 превосходил стандарт по продуктивности волокна с растения и массе коробочки. Но за счет низкого процента созревших растений после 120 дней вегетации перечисленные образцы могут уступать стандарту по урожайности с единицы площади.

По результатам анализа длины волокна (показатель UHML, система HVI, принятая на международном уровне), образцы дают волокно, которое может быть отнесено по стандарту республики Узбекистан к качественному волокну 4-го и 5-го типа (табл. 3). Образец к-604981 демонстрировал волокно более высокого 3-го типа.

Таблица 1. Хозяйственно ценные признаки ряда образцов хлопчатника интродукционного каталога, 120 суток от посева. (Филиал Кубанская ОС ВИР, Гулькевичский р-н, 2016 г.)

Table 1. Economically valuable traits of cotton accessions from the introduction catalogue, 120 days after sowing. (Kuban Experiment Station of VIR, Gulkevichi District, Krasnodar Region, 2016)

Образцы, № интродукционного каталога ВИР	Продуктивность растения, г		Созревание, %	Длина волокна, мм
	хлопок-сырец	волокно		
604972	11,8	4,3	93	37,3
604973	17,3	5,8	100	33,8
604979	15,7	6,0	95	33,0
604970	14,2	6,3	90	34,7
604975	17,9	6,6	80	30,6
604968	17,8	7,1	100	32,5
604980	23,9	7,7	100	28,2
604976	21,3	7,9	96	34,0
604978	17,1	8,2	75	32,5
604971	22,2	8,3	90	31,3
604969	16,2	9,3	94	33,0
Ac5 (ст)	15,4	9,6	94	32,0
НСР ₀₅	5,0	2,1	–	0,3

Примечание: ст – стандарт

Таблица 2. Хозяйственно ценные признаки ряда образцов хлопчатника интродукционного каталога с окрашенным волокном, 120 суток от посева. (Филиал Кубанская ОС ВИР, Гулькевичский р-н, 2016 г.)

Table 2. Economically valuable traits of colored cotton accessions from the introduction catalogue, 120 days after sowing. (Kuban Experiment Station of VIR, Gulkevichi District, Krasnodar Region, 2016)

Образцы, № интродукционного каталога ВИР	Созревание, %	Число собранных коробочек	Продуктивность растения, г		Масса сырца, 1 коробочка	Выход волокна, %
			сырец	волокно		
604984	58,0	4,0	28,6	10,9	7,1	43
604985	25,0	3,0	22,0	–	7,3	–
604986	50,0	3,0	17,5	4,8	6,0	29
983	47,0	3,7	20,7	8,3	5,6	29
604987	67,0	5,0	22,3	12,4	4,6	37
604982	19,0	–	7,8	1,3	5,0	18
Ac5 (ст)	86,0	4,0	22,5	7,9	5,5	–
НСР ₀₅	10,2	0,3	4,1	3,2	0,2	3,0

Волокна всех изученных образцов имели высокую и очень высокую степени равномерности по длине – от 81,0 до 87,8% (индекс Unf).

Показатель Str характеризует прочность волокна или удельную разрывную нагрузку, выраженную в гс/текс. Разрывная нагрузка волокна у приведенных образцов соответствовала требованиям стандартов для 1–2 сорта. Образцы к- 604971 и к-604975 выделялись особенно прочным волокном.

Показатель Elg говорит об удлинении волокна к моменту его разрыва в процентах и является мерой растяжимости волокон. Он дает сведения об ожидаемой прядильной способности хлопкового волокна. Деформационная устойчивость волокон практически всех образцов находилась в пределах нормы.

Таблица 3. Качество разноокрашенного хлопкового волокна (система HVI) образцов интродукционного каталога. Филиал Кубанская ОС ВИР, Гулькевичский р-н, 2016 г.

Table 3. Quality of differently colored cotton fiber (HVI classing system) in the introduction catalogue accessions. Kuban Experiment Station of VIR, Gulkevichi District, Krasnodar Region, 2016

Образцы, № по интродукционному каталогу ВИР	U _{hml} ¹	U _{nf} ²	Str ³	Elg ⁴	Mic ⁵	Тип ⁶
604971	28,4	87,8	33,1	6,0	4,8	4
604972	28,4	85,9	28,1	5,9	4,3	4
604975	28,4	86,3	34,2	6,4	5,1	4
604981	30,6	87,5	25,7	6,3	4,0	3
604983	25,7	84,5	22,5	7,8	3,1–4,3	6
604984	26,3	83,9	28,3	7,5	3,1–4,9	7
604987	25,7	86,5	25,3	7,8	3,4–4,8	7
Ac5 (ст.)	29,6	82,6	23,0	6,5	2,8–3,9	5–4
Михайловский (ст.)	27,6	85,0	25,3	6,0	3,2–5,1	5–6

Примечания. 1 – верхняя средняя длина (средняя длина наиболее длинных волокон), 2 – индекс равномерности по длине, 3 – удельная разрывная нагрузка, 4 – удлинение при разрыве, 5 – микронейр (тонина и зрелость), 6 – тип волокна, стандарт Узбекистана (O^zDSt604-2001); ст. – стандарт.

Показатель микронейр (Mic) – характеристика линейной плотности (тонины) и степени зрелости хлопкового волокна, которая принята на международном рынке. Все интродукционные образцы демонстрировали нормальные значения, соответствующее хорошей степени зрелости и извитости волокон, наиболее приемлемой в текстильной промышленности.

По степени белизны (показатели Rd, +b, CG) хлопковое волокно приведенных образцов по классификации, принятой на международном рынке, можно отнести к сорту W – белый, а по классификации Республики Узбекистан – к 1-му сорту. Образцы к-604981 и к-604972 имеют равномерный кремовый оттенок, который характерен для качественного длиноволокнистого хлопчатника.

Показатели качества окрашенного волокна изучаемых образцов, за рядом исключений, отличались в худшую сторону от беловолокнистых стандартов (см. табл. 3). Образцы имели короткое волокно (UHML) – 6–7-го типов или не стандарт. Однако показатель равномерности по длине (Unf) – более 81%, значимо не отличался в худшую сторону от беловолокнистых стандартов.

Прочность волокна у ряда изучаемых образцов варьировала в низких градациях. Однако образцы и-604984 и и-604987 имели прочное волокно, соответственно – 28,3 и 25,3 гс/текс.

Судя по показателю микронейра, окрашенные волокна изучаемых интродуцированных образцов отличались от беловолокнистых стандартов незрелостью и тониной. Но значимо хуже беловолокнистых стандартов оно не было. Стандартные сорта, созданные для условий Астраханской обл., дали волокно неудовлетворительное по тонине и зрелости: Ac5 – тонкое и незрелое, Михайловский – либо тонкое и незрелое (3,2), либо слишком грубое волокно (5,1).

Исследования качества хлопкового волокна производятся длительное время в Астраханской обл. РФ (Illarionova, Grigoryev, 2014; Podolnaya et.al., 2015) на луговых, лугово-ильменных, оглеенных, супесчаных и суглинистых почвах в условиях очень сухого (гидротермический коэффициент Селянинова ГТК <0,3), жаркого климата физико-географической зоны северной полупустыни.

Исследованиями показано, что такие почвенно-климатические условия благоприятны для формирования приемлемого и высокого качества волокна. В Краснодарском крае исследования хлопчатника проведены в иной почвенно-климатической зоне РФ (мощные предкавказские черноземы). Представляет научную и практическую ценность провести предварительную сравнительную оценку качества волокна.

По результатам анализа длины волокна (показатель UHML), исследованные образцы в условиях Астраханской обл. демонстрировали белое волокно, которое по стандарту O'zDSt604-2001 отнесено к качественному волокну 4 и 5 типа. Образцы хлопчатника в условиях Краснодарского края показывают колебания средних значений длины волокна в пределах 25,7–30,6 мм, что не отличается в худшую сторону от показателей, полученных в Астраханской обл.

В условиях Астраханской обл. волокно изученных образцов имеет высокую и очень высокую степени равномерности по длине – до 88,0% (индекс Unf). В условиях Краснодарского края этот показатель снижается до 82,6–87,8.

Разрывная нагрузка волокна (Str) у приведенных линий в условиях сухого климата северной полупустыни Астраханской обл. соответствует требованиям стандартов для 1–2-го сорта. Этот показатель не опускается ниже значения 25,7, что характеризует прочность волокна не ниже средней, и в среднем значении составил 28,7. Ряд образцов выделился высокопрочным и очень высокопрочным волокном (30,8–33,1). В условиях Краснодарского края размах изменчивости признака прочности волокна у образцов значительно не отличался и составил 22,5–34,2.

Показатель Elg свидетельствует об удлинении волокна к моменту его разрыва в процентах и является мерой растяжимости волокон. Он дает сведения об ожидаемой прядильной способности хлопкового волокна. Деформационная устойчивость волокон линий в условиях сухого климата находится в пределах нормы, и в среднем составила 6,3. В условиях Краснодарского края этот показатель у ряда изучаемых линий хлопчатника увеличился до 7,8.

Показатель микронейр (Mic) – характеристика линейной плотности (тонины) и степени зрелости хлопкового волокна, принятая на международном рынке. В сухом климате Астраханской обл. изучаемые селекционные линии имеют нормальные значения микронейра (4,4). Условия возделывания хлопчатника в Краснодарском крае показали широкий размах варьирования этого признака: от 2,8–3,9 у сорта Ac5, до 5,1 у образца и-604975 (см. табл. 3).

Заключение

Исследование признаков скороспелости, продуктивности растений средневолокнистого хлопчатника по хлопку-сырцу и качеству волокна в степной части Прикубанской равнины Краснодарского края на богатых по содержанию гумуса черноземах выявило, что в сравнении с условиями сухого климата на суглинистых почвах Астраханской обл. образцы разноокрашенного хлопчатника понизили скороспелость и продуктивность. Образцы с цветным волокном имели наименьшие показатели из всех исследуемых. Выделен образец и-604984, значимо не уступающий стандарту по длине волокна (UHML). Образцы и-604971, и-604972, и-604975, и-604981 демонстрировали волокно 4–5-го типа, равномерное по длине, достаточно прочное, с деформационной устойчивостью в пределах нормы. Показатели качества окрашенного волокна изучаемых образцов, за рядом исключений (и-604972, и-60498), отличались в худшую сторону от беловолокнистых стандартов.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662–2018–0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710369-4.

References/Литература

- Bliss R. M. Assessing cotton fiber quality // The Austral. Cottongr., 2015, vol. 35, no. 7, pp. 40–41.
- Cotton coverage // The Austral. Cottongr., 2018, vol. 39, no.9, pp. 36–37.
- Davidyan G. G., Rykova R. P., Kutuzova S. N., Rumyantseva L. T. The study of textile crops. Leningrad : VIR, 1978, 19 p. [in Russian] (Давидян Г. Г., Рыкова Р. П., Кутузова С. Н., Румянцева Л. Т. Изучение коллекции прядильных культур (хлопчатник, лен, конопля). Методические указания. Л. : ВИР, 1978, 19 с.).
- Grigoryev S. V. Genotypic variability and selection in hybrid population of cotton // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 1999, vol. 156, pp. 84–89 [in Russian] (Григорьев С. В. Генотипическая вариабельность и отбор в гибридных популяциях хлопчатника // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1999. Т. 156. С. 84–89).
- Grigoryev S. V., Pecherov A. A., Azhmuamedova M. A., Maslova N. A., Sergeev K. V. Productivity and fiber quality of cotton in Russia // Dolady RASKhN, 2006, vol. 4, pp. 24–26 [in Russian] (Григорьев С. В., Печеров А. А., Ажмухамедова М. А., Маслова Н. А., Сергеев К. В. Урожайность и качество волокна хлопчатника в России // Докл. РАСХН. 2006. № 4. С. 24–26).
- Illarionova K. V., Grigoryev S. V. Micronair and strength of cotton fiber, produced in RF, as assessment of high quality of yarn // Trade and economic problems of regional business, 2014, vol. 1, pp. 235–238 [in Russian]. (Илларионова К. В., Григорьев С. В. Микронейр и прочность хлопкового волокна, произведенного в РФ, как факторы высокого качества пряжи // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства. 2014. № 1. С. 235–238.)
- Illarionova K. V., Grigoryev S. V. Tendencies in production of cotton and textiles, evaluation of the quality // Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal. 2018, vol. 1, pp. 21–29 [in Russian] (Илларионова К. В., Григорьев С. В. Тенденции в производстве хлопка и бельевых изделий, оценка их качества // Межд. научн. журн. 2018. № 1. С. 21–29).
- Platonova O. P., Maslova N. A. Usage “HVI” in textile industry. “Ucheba”: MISiS, 2001, 244 p. [in Russian] (Платонова О. П., Маслова Н. А. Применение «HVI» в текстильной промышленности. Издательство «Учеба» МИСиС, 2001. 244 с.).
- Podolnaya L. P., Grigoryev S. V., Illarionova K. V., Asfandiyyarova M. Sh., Tuz R. K., Hodzhaeva N. A., Miroshnichenko E. V. Cotton in Russia. Actuality and prospects // Dostizheniya nauki i tehniki APK, 2015, vol 29, no. 7, pp. 56–58 [in Russian] (Подольная Л. П., Григорьев С. В., Илларионова К. В., Асфандиярова М. Ш., Туз Р. К., Ходжаева Н. А., Мирошниченко Е. В. Хлопчатник в России. Актуальность и перспективы // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 7. С. 56–58).
- Podolnaya L. P. Asfandiyyarova M. Sh., Tuz R. K. Variability in cotton lines with natural colored fibre on the northern Caspian conditions. //Theoretical and applied problems of agro-industrial complex. 2016, 1(26), pp.15-23 [in Russian] (Подольная Л.П., Туз Р.К., Асфандиярова М.Ш. Изменчивость линий хлопчатника с природноокрашенным волокном в условиях Северного Прикаспия // Теоретические и прикладные проблемы Агропромышленного комплекса. 2016, 1(26). С. Pushuno15–23).
- Podolnaya L. P., Asfandiyyarova M. Sh., Tuz R. K. Correlations between the traits of the cotton samples depending on weather conditions. In: Scientific-practical ways to enhance environmental stability and socio-economic support of agricultural production: the materials of the international scientifically-practical Conference / Edition: N. A. Sherbakova, A. P. Seliverstova // s. Solenoe Zaimishche. FGBNU “РНИИАЗ”. Solenoe Zaimishche, 2017, pp. 890–894 [in Russian] (Подольная Л. П., Туз Р. К., Асфандиярова М. Ш. Корреляции между признаками у образцов хлопчатника в зависимости от погодных условий. В сборнике: Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции / сост. Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова // с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПНИИАЗ». Соленое Займище, 2017. С. 890–894).
- Robinson A. The world Cotton Market // The Austral. Cottongr., 2015, vol. 35, no. 7, pp. 38–39.

УДК 633.511

Л. П. Подольная¹,
Р. К. Туз²,
М. Ш. Асфандиярова²,
Т. П. Рыбакова²,
Н. А. Ходжаева³

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: l.podolnaya@vir.nw.ru

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», 416356, Астраханская обл, Черноярский р-н, с. Соленое Займище.

³ Прикумская опытно-селекционная станция Ставропольского научно-исследовательского сельскохозяйственного института, 356803, Ставропольский край, г. Буденновск, ул. Вавилова, 2.

Ключевые слова:

хлопчатник, признаковая коллекция, естественно окрашенное волокно, изменчивость, корреляции, продуктивность

Поступление:

10.08.2018

Принято:

19.09.2018

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КОРРЕЛЯЦИЙ У ЛИНИЙ ПРИЗНАКОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ХЛОПЧАТНИКА С ЕСТЕСТВЕННОЙ ОКРАСКОЙ ВОЛОКНА

Актуальность. Подавляющая часть коммерческих сортов хлопчатника имеет белое волокно. Производство тканей из такого волокна имеет свои недостатки, поэтому в последние десятилетия в мире создается все больше сортов хлопчатника с естественно окрашенным волокном. Исследование корреляций между различными признаками позволит выявить степень влияния окраски на структурные и агрономические признаки и определить возможность создания сортов с естественно окрашенным волокном для рентабельного возделывания на севере Астраханской области.

Материал и методы. Изучены 14 скороспелых линий с естественно окрашенным волокном средневолокнистого хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.) признаковой коллекции ВИР в условиях севера Астраханской области на базе Прикаспийского НИИ аридного земледелия. Изучение проводили по методике ВИР, учитывали элементы продуктивности и агрономические признаки. Линии созданы на Прикумской опытно-селекционной станции Ставропольского СНИИСХ (г. Буденновск) и в ПНИИАЗ на базе гибридов между туркменскими сортами с коричневым и зеленым волокном и скороспелыми беловолокнистыми образцами из Албании и Италии коллекции ВИР. Две линии имели бежевое волокно, шесть – светло-коричневое, шесть – зеленое. Использовалась программа Excel 10. **Результаты и обсуждение.** В 2013 году наблюдался недостаток эффективных температур. Изменчивость изученных признаков была невелика, и анализ генотипических корреляций показал, что все они были типичными для растений хлопчатника. Достоверных связей окраски волокна с другими признаками не выявлено. При более благоприятных условиях 2014 года изменчивость количественных признаков увеличилась, и усилились связи, бывшие ранее слабыми. Отрицательная корреляция окраски с высотой закладки первого генеративного побега ($r = -0,53$) и положительная с выходом волокна ($r = 0,57$) говорят о том, что линии с коричневым волокном имеют более низкую закладку плодовых ветвей (и потенциально меньшую продолжительность вегетационного периода) и больший выход волокна. По своим характеристикам они приближаются к промышленным беловолокнистым сортам. Эти результаты свидетельствуют, что в России реально в скором времени создать сорт хлопчатника с коричневым волокном.

L. P. Podolnaya¹,
R. K. Tuz²,
M. Sh. Asfandiiarova²,
T. P. Rybakova²,
N. A. Khodjaeva³

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: l.podolnaya@vir.nw.ru

² Caspian Research Institute of Arid Agriculture, Solenoe Zaimishche village,
Chernoyarsky District, Astrahan Province,
416356, Russia

³ Prikumskaya Experiment and Breeding Station of the Stavropol Agricultural Research Institute, 2, Vavilova St.,
Budennovsk, 356803, Stavropol Territory,
Russia

Key words:

cotton, trait-specific collection,
natural color fiber, variability,
correlations, productivity

Received:

10.08.2018

Accepted:

19.09.2018

STRUCTURAL FEATURES OF CORRELATIONS IN LINES WITH THE NATURALLY COLORED FIBER IN THE TRAIT-SPECIFIC COLLECTION

Background. The overwhelming majority of commercial cotton cultivars have white fiber. Production of fabrics from such fiber has some disadvantages, therefore an increasing number of genotypes of cotton with the naturally colored fiber is being created around the world in the last decades. An investigation of correlations between different traits makes it possible to reveal the degree of influence of fiber color on structural and agronomic characters, and determine the possibility of creating varieties with naturally colored fiber for profitable cultivation in the north of the Astrakhan Province. **Material and methods.** Fourteen early lines of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) from the trait-specific collection, which have naturally colored fiber, were studied in the north of the Astrakhan Province at the Caspian Research Institute of Arid Agriculture (CRIAA). The study employed the techniques developed at VIR and took into account productivity elements and agronomic traits. The lines were created at the Prikumskaya Experiment and Breeding Station of the Stavropol Agricultural Research Institute (Budennovsk) and CRIAA on the basis of hybrids between Turkmen varieties with brown and green fiber and accessions of early white fiber cotton from Albania and Italy. Two lines had beige fiber, 6 light brown, and 6 green. Microsoft Excel 10 was used in the work. **Results and Discussion.** The analysis of genotypic correlations showed that due to the insufficiency of the total effective temperatures in 2013, no significant links of colored fiber with other signs were discovered. All the correlations were typical for cotton plants. In the more favorable conditions of 2014, the variability of quantitative traits increased and the correlations that were absent in the previous year were revealed. The negative correlation of fiber color with the first generative branch height ($r = -0.53$), and positive with the fiber yield ($r = 0.57$) indicate that the lines with brown fiber have a lower height of fruiting branches development (and potentially a shorter growing season) and a larger yield of fiber. By their characteristics, they approach the industrial white fiber cultivars. These results show that the creation of a cultivar with brown fiber in the near future in Russia is quite possible.

Введение

Исследование сложных систем, каковыми являются живые организмы, в том числе и растения, требует учитывать не только отдельные элементы системы, но и отношения между ними. Одним из наиболее распространенных методов изучения этих отношений является корреляционный анализ (Rostova, 2002; Brutch et al., 2008; Brutch et al., 2015). Наши предыдущие исследования по хлопчатнику (Zvolinski et al., 2006, Podolnaya, et al., 2017) также подтвердили справедливость этого положения. Однако они посвящены изучению образцов с белым волокном – типичным для коммерческих сортов. Производство тканей из такого волокна имеет свои недостатки (Hessel et al., 2007; Ranganathan et al., 2007 и др.), поэтому в последние десятилетия в мире создается все больше сортов хлопчатника с естественно окрашенным волокном (Hua et al., 2008; Efe et al., 2010, etc.).

Проблема сортов с естественно окрашенным волокном состоит в том, что это волокно имеет несколько худшие физико-механические характеристики (длина, прочность) по сравнению с белым волокном промышленных сортов. Также у этих сортов обычно ниже выход волокна и урожайность в целом (Chaudhry, Guitchounts, 2003; Dutt et al., 2004). Выявлена отрицательная корреляция между длиной волокна и интенсивностью окраски у образцов с коричневым волокном (Podolnaya, 2001; Gurel et al., 2001).

В данной работе мы рассматриваем генотипические (межсортовые) корреляции между всеми изученными признаками у 14 перспективных линий признаковой коллекции с различной окраской волокна, чтобы выявить степень влияния окраски на структурные и агрономические признаки и определить возможность создания сортов с естественно окрашенным волокном для рентабельного возделывания на севере Астраханской области. Характеристика линий приведена в ранее опубликованной статье (Podolnaya, Asfandiiarova, Tuz, 2016).

Материал и методы

Изучение 14 скороспелых линий с естественно окрашенным волокном средневолокнистого хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.) признаковой коллекции ВИР проводилось в с. Соленое Займище Черноярского района Астраханской области (на базе Прикаспийского НИИ Аридного земледелия) в 2013–2014 годах. Черноярский район характеризуется светло-каштановыми почвами и резко континентальным засушливым климатом. Это крайняя северная точка выращивания хлопчатника (48° с.ш.). Лимитирующим фактором здесь является недостаток положительных температур (Zvolinski, 1991). Список образцов приведен в таблице 1.

Образцы высевались в 3-х повторениях на 5-метровых однорядковых делянках с расстоянием 70 см между рядами. Посев производился вручную через 10–15 см (из расчета 100 000 растений на га) при капельном орошении.

В качестве стандарта использовался сорт местной селекции с белым волокном АС 5. Шесть линий созданы на опорном пункте ВИР при Прикумской опытно-селекционной станции Ставропольского СНИИСХ (г. Буденновск) на базе гибридов, полученных в результате скрещиваний образцов коллекции ВИР (туркменские сорта с коричневым и зеленым волокном и скороспелые беловолокнистые формы из Албании и Италии). Та же генетическая основа и у линий селекции ПНИИАЗ. Две линии имели бежевое волокно, шесть – светло-коричневое, шесть – зеленое.

**Таблица 1. Линии хлопчатника с естественно окрашенным волокном
(с. Соленое Займище, 2013–2014 гг.)**
Table 1. Cotton lines with naturally colored fiber (Solenoje Zaimishche, 2013–2014)

п/п	Название линии	Происхождение линии	Окраска волокна	Индекс окраски
1	1С	Россия, ПНИИАЗ	Зеленая	1
2	5С	Россия, ПНИИАЗ	Кремовая	2
3	L-935	Узбекистан	Зеленая	1
4	22С	Россия, ПНИИАЗ	Кремовая	2
5	С-11	Россия, ПНИИАЗ	Зеленая	1
6	6С	Россия, ПНИИАЗ	Светло-коричневая	3
7	7С	Россия, ПНИИАЗ	Светло-коричневая	3
8	21/17	Россия, Буд. ОП ВИР	Светло-коричневая	3
9	11/10	Россия, Буд. ОП ВИР	Светло-коричневая	3
10	21/8	Россия, Буд. ОП ВИР	Светло-коричневая	3
11	11/15	Россия, Буд. ОП ВИР	Зеленая	1
12	10С	Россия, ПНИИАЗ	Зеленая	1
13	32/3	Россия, Буд. ОП ВИР	Зеленая	1
14	11/9	Россия, Буд. ОП ВИР	Светло-коричневая	3

Учитывались продолжительность вегетационного периода, высота растения, количество моноподиев (вегетативных побегов), симподиев (генеративных побегов) и коробочек на растение (по 10 растениям с делянки), номер узла первой симподиальной ветви и хозяйственно ценные признаки, такие как масса хлопка-сырца 1 коробочки, продуктивность одного растения, урожайность с единицы площади, длина и выход волокна. Длина волокна определялась по 10 летучкам от 10 разных коробочек, остальные хозяйственно ценные признаки фиксировались для делянки в целом. Изучение проводилось по методике ВИР (Davidian et al., 1978). Был проведен корреляционный анализ. Использовалась программа Excel 10.

Среднемесячная температура и осадки за период вегетации хлопчатника показаны на рисунке 1.

Заметно, что два года исследований различались по температурному и водному режиму, особенно в период формирования коробочек. 2013 год отличался недостатком суммы эффективных температур, которые были ниже нормы в июле, августе и сентябре. 2014 год был теплее и засушливее – в июле осадков не было вовсе.

Результаты и обсуждение

Матрицы корреляций в генотипической (межсортовой) изменчивости значительно различались не только по уровню, но и по структуре связей. Сходство матриц за два года было 61,4%. Матрицы корреляций представлены в таблицах 2 и 3. Значимые корреляции отмечены жирным шрифтом.

Структура связей показана на рисунке 2. Значимыми при данной выборке являются связи от уровня $r \geq 0,55$, но на рисунке мы показываем связи средней силы от 0,5, чтобы наглядней была заметна разница между годами.

Выявлена только одна сильная связь, сохраняющаяся оба года и приближающаяся по значению к единице (см. рис. 2), между продуктивностью одного растения и урожайностью с единицы площади. Естественно, что при

достаточно стабильной густоте стояния растений эти показатели тесно связаны. В остальном структура связей за 2 года различается.

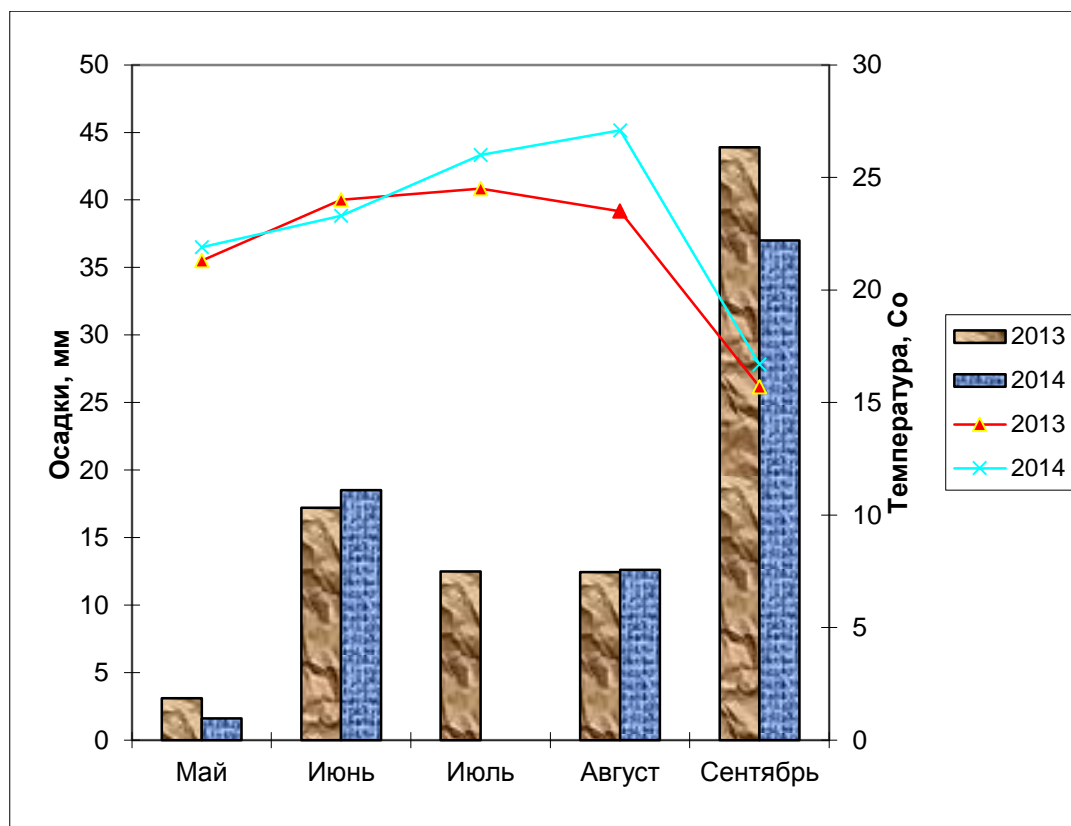


Рис. 1. Погодные особенности вегетационного периода (Соленое Займище, 2013–2014 гг.)

Fig. 1. Weather conditions of the growing season (Solenoje Zaimishche, 2013–2014)

Таблица 2. Матрица корреляций между признаками (Соленое Займище, 2013 г.)
Table 2. Matrix of correlations between the studied traits (Solenoje Zaimishche, 2013)

Признаки	<i>g-m</i>	<i>H</i>	<i>mnp</i>	<i>sim</i>	<i>qc</i>	<i>nnd</i>	<i>mc</i>	<i>p</i>	% <i>f</i>	<i>lf</i>	<i>hr</i>	<i>cl</i>
<i>g-m</i>	1,00											
<i>H</i>	0,31	1,00										
<i>mnp</i>	0,69	-0,25	1,00									
<i>sim</i>	0,49	0,47	-0,54	1,00								
<i>qc</i>	0,13	0,37	-0,19	0,64	1,00							
<i>nnd</i>	0,68	0,24	0,69	-0,85	-0,61	1,00						
<i>mc</i>	0,05	0,11	0,16	-0,15	0,22	0,10	1,00					
<i>p</i>	-0,85	0,51	-0,60	0,49	0,11	-0,55	-0,03	1,00				
% <i>f</i>	-0,26	-0,45	-0,25	0,10	0,29	-0,33	0,35	-0,02	1,00			
<i>lf</i>	0,13	0,23	0,26	-0,18	-0,46	0,17	-0,26	-0,25	-0,33	1,00		
<i>hr</i>	-0,85	0,53	-0,57	0,45	0,11	-0,51	-0,01	0,98	-0,03	-0,28	1,00	
<i>cl</i>	-0,01	-0,51	0,19	-0,08	-0,25	0,06	0,12	-0,16	0,36	-0,12	-0,15	1,00

Примечание. Условные обозначения, используемые в табл. 2, 3 и рис. 2: *g-m* – продолжительность периода всходы-созревание; *H* – высота растения; *mnp* – количество моноподиев на растение; *sim* – количество симподиев на растение; *qc* – количество коробочек на растение; *nnd* – номер узла первой симподиальной ветви; *mc* – масса хлопка-сырца 1 коробочки; *p* – продуктивность одного растения; %*f* – выход волокна; *lf* – длина волокна; *hr* – урожайность хлопка-сырца с единицы площади; *cl* – окраска волокна.

Таблица 3. Матрица корреляций между признаками (Соленое Займище, 2014 г.)
Table 3. Matrix of correlations between the studied traits (Solenoje Zaimishche, 2014)

Признаки	<i>g-m</i>	<i>H</i>	<i>mnp</i>	<i>sim</i>	<i>qc</i>	<i>nnd</i>	<i>mc</i>	<i>p</i>	<i>%f</i>	<i>lf</i>	<i>hr</i>	<i>cl</i>
<i>g-m</i>	1,00											
<i>H</i>	0,59	1,00										
<i>mnp</i>	0,24	-0,18	1,00									
<i>sim</i>	0,72	0,82	0,08	1,00								
<i>qc</i>	0,74	0,74	0,15	0,97	1,00							
<i>nnd</i>	0,13	0,09	-0,17	-0,32	-0,41	1,00						
<i>mc</i>	0,81	0,38	0,29	0,70	0,75	-0,53	1,00					
<i>p</i>	-0,02	0,01	-0,17	-0,10	-0,12	-0,02	-0,19	1,00				
<i>%f</i>	-0,36	-0,30	-0,13	-0,08	-0,03	-0,26	-0,06	0,06	1,00			
<i>lf</i>	0,25	0,18	-0,28	0,20	0,20	-0,40	0,25	-0,03	0,03	1,00		
<i>hr</i>	-0,03	0,00	-0,18	-0,11	-0,12	-0,01	-0,20	0,99	0,06	-0,03	1,00	
<i>cl</i>	-0,14	-0,28	0,24	0,03	0,13	-0,53	0,11	0,18	0,57	0,15	0,17	1,00

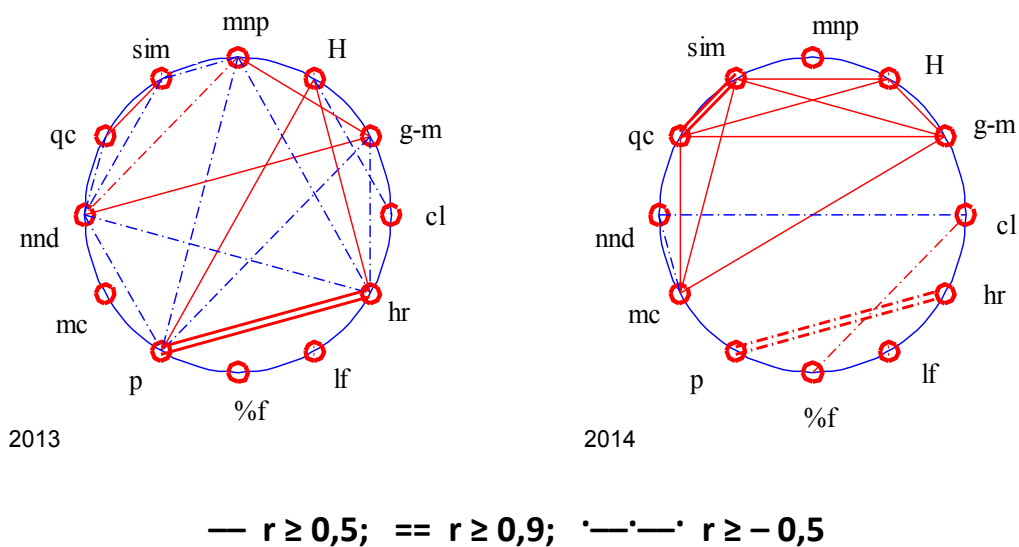


Рис. 2. Структура корреляций между изученными признаками.
Fig. 2. The structure of correlations between the studied traits

В 2013 году наблюдаются 2 четко выраженные плеяды положительных корреляций. Одна плеяда – высота растения – продуктивность одного растения – урожайность ($r = 0,51$, $r = 0,53$, $r = 0,98$) свидетельствует, что наиболее урожайными были линии с высокими растениями. Другая плеяда – продолжительность вегетационного периода – количество моноподий на растение – высота закладки первого симподия ($r = 0,69$, $r = 0,68$, $r = 0,69$). Эти связи свидетельствуют, что чем выше закладывались генеративные побеги, тем позднеспелей были линии и больше было вегетативных ветвей. Соответственно, эти признаки имели отрицательные корреляции с урожайностью. Кроме того, высокая закладка плодовой ветви отрицательно коррелировала с количеством симподиев ($r = -0,85$) и с количеством коробочек ($r = -0,61$). Положительная связь средней силы отмечена между количеством симподиев на растение и количеством коробочек ($r = 0,69$). Подобные корреляции типичны для растений хлопчатника в условиях ограниченного периода вегетации (Podolnaya, et al., 2016). Окраска волокна обнаружила только одну отрицательную связь средней силы – с высотой растения ($r = -0,51$). Это значит, что линии с зеленым волокном отличались более высокими растениями.

В 2014 году практически все значимые связи были положительными. Заметно усилилась связь между количеством симподиев и коробочек ($r = 0,97$). Выявилась положительная плеяда, связывающая высоту растений, количество симподиев и коробочек на растение, продолжительность вегетационного периода и, что интересно, массу одной коробочки. Из этого следует, что наименее скороспелые линии имели более высокие растения, с большим количеством симподиев и коробочек. Этот вывод подтверждает и выявленная отрицательная корреляция средней силы между закладкой первой симподиальной ветви и массой коробочки ($r = -0,53$).

Практически полное отсутствие корреляции между номером узла закладки первой плодовой ветви и скороспелостью ($r = -0,02$) свидетельствует о потере первых завязей частью ранних форм вследствие высоких температур и низкой влажности воздуха. Отсутствие сколько-нибудь заметных корреляций количества моноподий с другими признаками структуры растения и скороспелости с продуктивностью может быть показателем того, что погодные условия этого года способствовали проявлению индивидуальных особенностей растений, определяемых генотипом.

Более отчетливо проявились особенности линий с различной окраской волокна – отрицательная связь с высотой закладки генеративных побегов ($r = -0,53$) и положительная с выходом волокна ($r = 0,57$) говорят о том, что линии с коричневым волокном имеют более низкую закладку плодовых ветвей (и потенциально меньшую продолжительность вегетационного периода) и больший выход волокна.

Во многих публикациях упоминается об отрицательной связи между длиной и выходом волокна (Simongulian, 1991; Shahmedova et al., 1996; Asfandiiarova, Zvolinski, 2001 etc.). В нашем исследовании эта корреляция не достигает уровня значимости, и если в 2013 году она имела слабое отрицательное значение ($r = -0,33$), то в 2014 такая связь фактически отсутствовала ($r = 0,03$).

Заключение

Наше исследование подтверждает влияние условий выращивания на структуру и силу корреляций. При недостатке тепла в 2013 году достоверного влияния окраски на другие признаки не выявлено, и все корреляции не отличались от типичных для хлопчатника в самой северной зоне выращивания (Podolnaya, et al., 2017). В 2014 году, несмотря на засуху и высокие температуры июля, изменчивость была выше, и выявились достоверные корреляции между окраской и выходом волокна, а также высотой закладки первой плодовой ветви. Также наши данные свидетельствуют о приближенности линий со светло-коричневой окраской волокна по агрономическим признакам к стандартным сортам с белым волокном.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0018 «Разработка системного подхода к структурированию и формированию ex situ коллекций культурных растений, репрезентативных по видовому, сортовому и генетическому разнообразию, изучение внутривидовой наследственной изменчивости селекционно значимых признаков важнейших сельскохозяйственных культур и формирование признаковых и стержневых коллекций», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710373-1

References/Литература

- Asfandiiarova M. Sh., Zvolinski V. P.* Agrobiological features of cotton collection accessions and hybrids in the Caspian region // In: The socio-economic problems of arid territories development in Russia, 2001, vol. 2, pp. 55–57 [in Russian]. (*Асфандиярова М. Ш., Зволинский В. П.* Агробиологические особенности коллекционных образцов и гибридов хлопчатника в Прикаспийском регионе // В кн.: Проблемы социально – экономического развития аридных территорий России, 2001. Т. 2. С. 55–57).
- Brutch N., Soret-Morvan O., Porokhovinova E. A., Sharov I. Y., Morvan C.* Characters of fibre quality in lines of flax genetic collection // Journal of natural fibers. 2008, vol. 5, no. 2, pp. 95–126.
- Brutch N. B., Koshkin V. A., Domantovich A. V., Matviyenko I. I.* The influence of photoperiod on trait's correlations of flax// APK scientific and technological achievement, 2015, vol. 29, no. 7, pp. 43–46 [in Russian] (*Брач Н. Б., Кошкин В. А., Домантович А. В., Матвиенко И. И.* Влияние фотопериода на корреляции признаков льна//Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 7. С. 43–46).
- Chaudhry R., Guitchounts A.* Cotton facts. International Cotton Advisory Committee. Technical Paper. No. 25 of the Common Fund for Commodities. Washington D.C., USA, 2003.
- Davidian G. G., Rykova R. P., Kutuzova S. N., Vakhrusheva T. E., Drugova I. F., Rummyantseva L. T.* Fiber plant's collections studying (cotton, flax, hemp). Guidelines. Leningrad, 1978, pp. 3–6 [in Russian] (*Давидян Г. Г., Рыкова Р. П., Кутузова С. Н., Вахрушева Т. Е., Другова И. Ф., Румянцева Л. Т.* Изучение коллекций прядильных растений (хлопчатник, лен, конопля). Методические указания. Л., 1978. С. 3–6).
- Dutt, Y., Wang X. D., Zhu Y. G., Li Y. Y.* Breeding for high yield and quality in colored cotton // Plant Breed. 2004, vol. 123, pp. 145–151.
- Efe L., Mustafayev F. S., Killi F.* Agronomic, Fiber and Seed quality traits of naturally coloured cottons in East Mediterranean region of Turkey // Pak. J. Bot., 2010, vol. 42 (6), pp. 3865–3873.
- Gurel A., Akdemir H., Karadayr H. B.* Cultivation possibilities of naturally coloured cottons under Aegean region conditions // Anadoiu, 2001, vol. 11 (1), pp. 56–70.
- Hessel C., Allegre C., Maisseu M., Charbit F., Moulin P.* Guidelines and legislation for dye house effluents // J. Environ. Manage, 2007, vol. 83, pp. 171–180.
- Hua Shuijin, Shuna Yuan, Imran Haider Shamsi, Xiangqian Zhao, Xiaoquan Zhang, Yingxing Liu, Guoji Wen, Xuede Wang, Haiping Zhang.* A Comparison of Three Isolines of Cotton Differing in Fiber Color for Yield, Quality, and Photosynthesis // Crop Science, 2008, no. 06, pp. 371–381.
- Podolnaya L. P.* The results of VIR cotton collection accessions studying in Italy. Abstracts of international scientific and practical conference “Genetic resources of cultivated plants. Problems of collecting, documenting, conserving and studying the diversity of major agricultural crops for solving priority tasks of plant breeding”. 13–16 November 2001, St. Petersburg, 2001, pp. 376–378 [in Russian] (*Подольная Л. П., 2001; Результаты изучения образцов из коллекции хлопчатника ВИР в Италии. Материалы научно-практической конференции «Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции». 13–16 ноября 2001 г. СПб., 2001. С. 376–378).*
- Podolnaya L. P., Tuz R. K., Asfandiiarova M. Sh.* Variability in cotton lines with natural colored fibre on the northern Caspian conditions // Theoretical and applied problems of agro-industrial complex. 2016, no. 1 (26), pp. 15–23 [in Russian] (*Подольная Л. П., Туз Р. К., Асфандиярова М. Ш.* Изменчивость линий хлопчатника с природноокрашенным волокном в условиях Северного Прикаспия // Теоретические и прикладные проблемы Агропромышленного комплекса. 2016, № 1 (26). С. 15– 23).
- Podolnaya L. P., Tuz R. K., Asfandiiarova M. Sh.* Correlations between the traits of the cotton samples depending on weather conditions. In: Scientific-practical ways to enhance environmental stability and socio-economic support of agricultural production: the materials of the international scientifically-practical Conference/ Edition: N. A. Sherbakova, A. P. Seliverstova // s. Solenoe Zaimishche. FGBNU “РНИАЗ”. Solenoe Zaimishche, 2017, pp. 890–894 [in Russian] (*Подольная Л. П., Туз Р. К., Асфандиярова М. Ш.* Корреляции между признаками у образцов хлопчатника в зависимости от погодных условий. В сборнике: Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции / сост. Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова // с. Солёное Займище. ФГБНУ «ПНИИАЗ». Солёное Займище, 2017. С. 890– 894).

- Ranganathan K., Karunagaran K., Sharma D. C.* Recycling of wastewaters of textile dyeing industries using advanced treatment technology and cost analysis: Case studies // *Resour. Conserv. Recycling*. 2007, vol. 50, pp. 306–318.
- Rostova N. S.* Correlations: structure and variability // *Proceedings of SPb. OE, St. Petersburg*, 2002, 308 p. [in Russian] (*Ростова Н. С.* Корреляции: структура и изменчивость / Тр. С.-Петербургского. ОЕ, г. Санкт-Петербург, 2002. 308 с.).
- Shahmedova G. S., Asfandiurova M. Sh., Ivanenko E. N.* Selection of cotton accessions and its cultivation experience (in the Russian Caspian conditions). In: *Manufacture of environmentally harmless crop production* // Pushino, “Nauka”, 1996, pp 163–167 [in Russian] (*Шахмедова Г. С., Асфандиярова М. Ш., Иваненко Е. Н.* Отбор сортообразцов хлопчатника и опыт его возделывания (в условиях Российского Прикаспия) // В сб.: Производство экологически безопасной продукции растениеводства. Пушино : «Наука», 1996. С. 163–167).
- Simongulian N. G.* Cotton quantity traits genetic // Tashkent: “FAN”, 1991, 124 p. [in Russian] (*Симонгулян Н. Г.* Генетика количественных признаков хлопчатника // Ташкент: Изд-во «ФАН», 1991. 124 с.).
- Zvolinski V. P.* Integrated development of multi sectoral agricultural production in the lower Volga APK system // Moscow: RUDN, 1991. 352 p. [in Russian] (*Зволинский В. П.* Комплексное развитие многоотраслевого сельскохозяйственного производства в системе АПК Нижней Волги // М.: РУДН, 1991. 352 с.).
- Zvolinski V. P., Podolnaya L. P., Asfandiurova M. Sh., Tuz R. K., Sonnino A., Piscioneri I.* The ecological-geographical studying of the VIR cotton collection samples in contrasting conditions of the South of Italy and North of Astrakhan region // *Proceedings of Prikaspiiskii NII aridnogo zemledeliya*, Vol. 5. Moscow, 2006, pp. 195–205 [in Russian] (*Зволинский В. П., Подольная Л. П., Асфандиярова М. Ш., Туз Р. К., Соннино А., Писционери И.* Эколого-географическое изучение образцов хлопчатника коллекции ВИР в контрастных условиях юга Италии и севера Астраханской области // Сборник трудов Прикаспийского НИИ аридного земледелия. Т. 5. Москва, 2006. С. 195–205).

УДК 635.655:631.52

И. В. Сеферова¹,
А. П. Бойко²,
И. Н. Перчук¹,
Т. В. Шеленга¹,
Т. А. Шолухова².

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: i.seferova@vir.nw.ru

² Филиал ВИР «Адлерская опытная станция ВИР», Россия, Сочи,
e-mail: aos.vir@mail.ru.

Ключевые слова:

соя, образцы коллекции ВИР, изменчивость признаков, содержание белка в семенах, содержание масла в семенах, семенная продуктивность, вегетационный период

Поступление:

03.09.2018

Принято:

19.09.2018

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ СОИ НА АДЛЕРСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР В 2013–2015 ГГ.

Актуальность. Работа посвящена изучению образцов сои коллекции ВИР, первичная характеристика которых отсутствовала в ранее изданных каталогах ВИР. Изучение проводили на филиале Адлерская опытная станция ВИР на Черноморском побережье Кавказа в 2013–2015 гг. **Материалы и методы.** Изучено 494 образцов сои, происходящих из 37 стран, поступавших в коллекцию ВИР с 1922 по 1995 гг. Работа выполнялась согласно Методическим указаниям ВИР. **Результаты.** Высокая семенная продуктивность (>30 г с растения) была почти у половины образцов разных групп спелости. Среди наиболее скороспелых, имеющих период вегетации 81–90 дней, не было образцов с высокой семенной продуктивностью. Продуктивность положительно скоррелирована с продолжительностью периода вегетации ($r = 0,39$). Масса 1000 семян варьировала от 60 до 500 г и не имела явной связи с продуктивностью. Для механизированной уборки важно высокое расположение нижнего боба. Высота прикрепления нижнего боба > 12,1 см была отмечена только у 27 образцов. Из них 23 – очень позднеспелые и только два созревают за период до 130 дней. Образцы с высоким содержанием белка (45,1–50,0%) были во всех группах спелости. Образцы с максимальным содержанием масла (24,1–26,0%) выявлялись при продолжительности вегетации от 91 до 150 дней. Среди самых скороспелых (81–90 дней вегетации) и самых позднеспелых (больше 150 дней) образцов высокого содержания масла не было выявлено. Высокую продуктивность и высокое содержание белка имели скороспелый образец к-2341 из Китая, позднеспелый сорт 'Morse' (из США) и наиболее позднеспелые сорта 'Шхепис 2' (из Грузии), 'Ахагага' и 'Тои кичи 1' (из Японии). Высокая продуктивность сочеталась с максимальными значениями содержания масла у сортов из США – 'Sherman' (среднеспелый) и 'Ripley' (позднеспелый). Корреляционная связь между процентным содержанием белка и масла была отрицательной ($r = -0,55$). Полная характеристика изученного материала опубликована в 2018 г. в выпуске 855 «Каталога мировой коллекции ВИР». **Заключение.** Проведенное исследование позволило охарактеризовать ранее не изученный материал по основным хозяйственно ценным и биологическим признакам и пополнило оценочные данные коллекции. Образцы с лучшими значениями хозяйственно ценных признаков могут использоваться в селекции новых сортов сои.

I. V. Seferova¹,
A. P. Boyko²,
I. N. Perchuk¹,
T. V. Shelenga¹,
T. A. Sholukhova².

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: i.seferova@vir.nw.ru

²Adler Experiment Station of VIR, Sochi,
Russia;
e-mail: aos.vir@mail.ru

Key words:

soybean, the VIR collection, variability of characters, protein content, oil content, seed productivity, growing season

Received:

03.09.2018

Accepted:

19.09.2018

THE RESULTS OF TESTING SOYBEAN ACCESSIONS AT ADLER EXPERIMENT STATION OF VIR IN 2013–2015

Background. We tested soybean accessions from the VIR collection. These accessions had not been tested earlier at any experiment station of VIR. **Materials and methods.** The testing was carried out at the Black Sea Coast of the Caucasus. We tested 494 soybean accessions of various geographic origins. These accessions arrived to the VIR collection from 1922 to 1995. Our work was done according to VIR's methodological guidelines. **Results.** Almost half of the accessions of various maturity groups manifested high seed productivity (> 30g per plant). There were no accessions with high seed productivity among the earliest maturity group (growing season of 81–90 days). Productivity was positively correlated with the duration of the growing season ($r = 0.39$). The weight of 1000 seeds varied from 60g to 500g and had no apparent connection with productivity. Elevated position of the lower bean is important for mechanized harvesting. Only in 27 accessions the lower bean was set higher than 12.1 cm. Among them, 23 accessions were very late-ripening, and only 2 matured within the season of up to 130 days. Accessions with high crude protein content in seeds (45.1–50.0%) were found in all maturity groups. Maximum oil content (24.1–26.0%) was registered only in the accessions whose growing season was from 91 to 150 days. Accessions with the shortest (81–90 days) and longest (> 150 days) growing seasons did not contain much oil. High productivity was combined with high protein content in the early-ripening accession k-2341 from China (growing season of 101–110 days), late-ripening variety 'Morse' from the U.S. (141–50 days), 'Shhepis 2' from Georgia, 'Axagara' and 'Tou kichi 1' from Japan (>150 days). High productivity and high oil content were observed in the U.S. varieties 'Sherman' (121–130 days) and 'Ripley' (141–150 days). The correlation between protein content and oil content was negative ($r = -0.55$). Full-scale characterization of the studied material has been published in The Catalogue of the global VIR collection, issue 855, 2018. **Conclusion.** The conducted research helped to describe earlier untested materials in terms of their productivity and biological characteristics. Accessions with the best economic characteristics can be used in breeding practice to develop new soybean cultivars.

Введение

Коллекция сои в ВИР содержит 7400 образцов, происходящих из 72 стран мира. Систематически образцы коллекции проходят первичное изучение на опытных станциях ВИР, а результаты оценки накапливаются в оценочных базах данных и публикуются в каталогах ВИР. Наличие возможно более полной информации об образцах коллекции дает возможность ее систематизации и создания признаковых коллекций, что в свою очередь позволяет осуществлять адресный подбор материала для передачи его в селекционные организации. Выявление дифференциации генофонда по селекционно значимым признакам важно при рекомендации его в качестве исходного материала для селекции новых адаптивных сортов по различным направлениям использования для разных регионов РФ.

Начиная с 1972 по 2014 гг. в ВИР было опубликовано 16 каталогов, содержащих информацию о 5300 образцах коллекции сои. Неохарактеризованной оставалась значительная часть образцов, поступивших в коллекцию в разные годы. В настоящем исследовании было изучено 494 образца сои, поступавших в коллекцию в течение длительного периода: с 1922 по 1995 гг. Полученные в результате полевой и биохимической оценки этих образцов данные заполнили пробелы в изучении коллекции и позволили выделить ряд образцов, обладающих комплексом хозяйственно полезных признаков.

Материалы и методы

В течение трех лет (2013–2015 гг.) было изучено 494 образца сои *Glycine max* (L.) Merr. Полевое изучение проводили в филиале Адлерская опытная станция ВИР, расположенном на широте 43°26' на Черноморском побережье Кавказа в Адлерском районе города Сочи. Описание семян осуществляли в отделе генетических ресурсов зерновых бобовых культур, а определение содержания белка и масла в семенах в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР.

Изучение проводилось в соответствии с «Методическими указаниями» (Vishnyakova et al., 2010). Посев образцов сои на станции выполняли в первой декаде мая по схеме 70 x 10 см. Уборку осуществляли по мере созревания образцов. Для наиболее позднеспелых образцов, имеющих период вегетации более 150 дней, применялось послеуборочное досушивание в снопах.

Репродукции, полученные на филиале Адлерская опытная станция ВИР, были использованы для описания признаков семян и для биохимического анализа. Белок и масло определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области (NIR) с помощью анализатора Infratec 1241 Grain Analyzer фирмы Фосс Текатор (Швеция). Калибровочные кривые стандартизированы фирмой производителем. В соответствии с возможностями анализатора содержание белка и масла было оценено только для образцов, имеющих семена с желтой семенной кожурой. Для небольшого числа образцов были использованы биохимические данные, полученные ранее по репродукциям 1999–2004 гг. В эти годы белок определяли по Кьельдалю (N x 6,25), масло – по массе сухого обезжиренного остатка в модификации Рушковского (Ermakov, 1987). Всего по биохимическим показателям было оценено 354 образца.

Результаты изучения опубликованы в выпуске 855 «Каталога мировой коллекции ВИР» (Seferova et al., 2018). При анализе полученных результатов и расчете их связей использовались средние значения полученных за три года показателей. Расчеты выполнялись в программе Excel.

Наибольшее число изучавшихся образцов происходит из Восточноазиатского региона (Республика Корея – 99, Япония – 71, Китай – 20, Северная Корея и Филиппины по 7, Вьетнам – 2, Лаос – 1). Остальные образцы происходят из Северной Америки (Канада – 126, США – 44, Мексика – 2) и Европы (Молдова – 20, Украина – 10, Чехословакия – 7, Германия и Польша по 6, Бельгия и Венгрия – по два, Беларусь, Болгария, Франция, Швеция – по одному). Остальные образцы распределяются между странами Южной Америки (Бразилия – 11, Колумбия – 3), Ближнего и Среднего Востока (Израиль – 2, Пакистан – 3), Центральной и Передней Азии (Туркменистан – 1, Грузия – 4), Южной Азии (Непал – 5, Индия – 2), Африки (по одному образцу из Алжира, Бурунди, Мадагаскара, Марокко, Нигерии). Имеются образцы из Австралии (5) и Кубы (4).

Было изучено 14 образцов российского происхождения. Из них два образца поступили до 1949 г (один был собран в Приморском крае экспедицией ВИР, а второй – прислан с Дальневосточной опытной станции ВИР). Остальные образцы были созданы в различных селекционных организациях: Дальневосточном НИИСХ, ВНИИ сои, ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта, Приморском НИИСХ, Волжском НИИ генетики и мелиорации и поступали в коллекцию ВИР в 70-х – 80-х гг. XX в.

В коллекцию ВИР этот материал поступал как от оригинаторов, так и через зарубежные генные банки. Самые большие поступления были из США и Канады. Из США поступило 202 образца (в основном из организаций INTSOY, National Germplasm Resources Laboratory, Nortrup King Co и University of Illinois). Из США поступали как сорта и образцы, созданные в этой стране, так и имеющие первичное происхождение в Китае, Южной Корее, Японии. Из Канады поступило 124 образца (от Guelph University и Ottawa Research Station). Этот материал в основном состоит из селекционных линий.

Результаты и обсуждение

Основной характеристикой сорта, показывающей возможность его возделывания в определенных условиях, является продолжительность вегетационного периода, а эффективность его выращивания определяется прежде всего семенной продуктивностью. У сои, как короткодневной культуры, продолжительность периода всходы-созревание сильно зависит от длины светового дня. Поэтому образцы, происходящие из более низких широт, чем расположена Адлерская ОС, затягивали свое созревание, и, напротив, созданные в более северных широтах, показывали крайне короткий период вегетации, сокращая при этом высоту растений и их продуктивность.

Наиболее быстро, за 81–90 дней, в условиях изучения созревало 7 образцов: 4 сорта из Бельгии, Венгрии, Польши, Украины и линии из США и Германии. Из них наибольшую продуктивность (22,0–25,9 г с растения) показал сорт из Польши ‘Wilenska Brunatna’.

За период 91–100 дней созревало 71 образец. Больше всего в данной группе было образцов из Канады, представленных селекционными линиями. Из созданных в России в данную группу спелости попали 7 образцов. Высокую продуктивность (30–33 г с растения) имели 8 линий из Канады, 6 линий из Молдовы, одна из Украины (N 21-83), а также сорта из Польши (‘Bydgoska 052’) и России (‘Быстрица’).

За период 101–110 дней созревало 80 образцов, и, как в предыдущей группе, численно преобладали линии из Канады. Высокую продуктивность имели сорта из

Бельгии ('Olima') и из Японии ('Wase Natsu', 'Wase Kin'), образцы из Китая (к-2341 и к-963), линии из Молдовы: 215 (к-8847), КСХИ-23/85 (к-8905). Из российских образцов высокую продуктивности имела линия 1003 (к-9658), созданная в Саратовской области и линия 75-1 (к-7409), созданная в Хабаровском крае.

За период 111–120 дней созревало 38 образцов из 12 стран. Высокую продуктивность имели линии из Чехословакии – 338 (к-9181) и Канады – 0438 (к- 8582), 0450 (к-8585), 0559 (к-7367), 0564 (к-7368), 0256 (к-7433), 21-15 (к-7989), а также образцы из Китая (к-9453), Филиппин (к-6877) и сорт 'Akatsuka' из Японии)

За период 121–130 дней созревало 39 образцов, и высокую продуктивность имели линии 0172 (к-8565), 0537 (к-8876), 14 (к-8874), 22-32 (к-8702), Evans*40-45 (к-8712) из Канады, сорта 'Кишиневская 19' (из Молдовы), 'Sherman' (из США), линия 827-4-23-46 (к-9183) из Швеции, 10 сортов из Японии ('Hayakin', 'Karikei 73', 'Kogane Daizu', 'Kurome', 'Kyushu 77', 'Nhat 11', 'Nishiarai', 'Saikai 20', 'Saikai 22', 'Saikai 27') и образец из Китая (к-3444).

Из позднеспелых образцов многие обладают высоким потенциалом продуктивности. За период 131–150 дней созревало 70 образцов, из них продуктивность > 30 г с растения имели 35 образцов, в том числе 10 образцов из Республики Корея, 10 образцов из США (в том числе сорта 'Cumberland', 'Harman Kosice', 'Marion', 'Morse', 'Ripley', 'Wea'), 10 сортов из Японии (в т. ч. 'Mumou Nadana', 'Niigata 4', 'Mikado'), по одному-два образца из Колумбии, Канады, Китая.

Больше 150 дней требовали для созревания 189 образцов, из них большая часть (122 образца) имела продуктивность > 33,0 г с растения. Среди них было 60 образцов из Республики Корея, 16 сортов из США, 14 сортов из Японии, 6 образцов из Бразилии. По одному-три образца из Австралии, Грузии, Израиля, Индии, Китая, КНДР, Колумбии, Кубы, Лаоса, Мадагаскара, Мексики, Непала, Нигерии, Филиппин. Как пример можно указать сорта 'Имерули Компактури' (Грузия), 'Бул Конд', 'Сунченконд' (КНДР), 'Bedford', 'Bragg', 'Dorman' (США), 'Karumai', 'Shijka' (Япония).

Как видно из таблицы 1, с увеличением периода всходы-созревание возрастает количество высокопродуктивных образцов. Эта тенденция подтверждается и значением коэффициента корреляции продолжительности периода всходы-созревание и семенной продуктивности ($r = 0,39$).

Таблица 1. Число образцов сои с различной продолжительностью периода всходы-созревание и семенной продуктивностью (Адлерский район города Сочи, 2013–2015 гг.)

Table 1. Number of soybean accessions with various duration of the period from the emergence of shoots to maturity and various seed productivity (Adler District of Sochi, 2013–2015)

Период всходы-созревание, дни Period emergence – maturity, days	Семенная продуктивность, г с растения Seed mass per plant, g								
	< 6,0	6,0-9,9	10,0-13,9	14,0-17,9	18,0-21,9	22,0-25,9	26,0-29,9	30,0-33,0	> 33,0
81–90		2	1		3	1			
91–100			7	9	17	11	10	17	
101–110		1	3	2	8	14	28	23	1
111–120			2	1	6	9	10	7	3
121–130			1	2	1	3	13	16	3
131–140				3	3	3	3	9	7
141–150				3	2	9	9	14	5
> 150	2	1	2	4	6	11	41	76	46

Общую информацию о сорте дает характеристика его габитуса и оценка длины главного стебля и периода вегетации. Длина главного стебля у разных образцов была как меньше 30 см, так и больше 1,5 м. С продолжительностью вегетации длина главного стебля имела положительную связь ($r = 0,61$). Самым низкорослым образцом (около 30 см) являлась линия 74-10 (к-7408), созданная в Дальневосточном НИИСХ. Длина стебля от 30 до 50 см была характерна для 40 образцов, а от 51 до 70 см для 106 образцов. В этой группе встречались как скороспелые, так и позднеспелые образцы. При длине главного стебля от 71 до 110 см (247 образцов) численно преобладают позднеспелые образцы. При длине стебля больше 111 см (98 образцов) также преобладают позднеспелые образцы, а скороспелые уже не встречаются.

Габитус растений у большей части образцов был кустовым (сжатым, полусжатым, канделябробразным и раскидистым). Среди изученных образцов только 8 имели стелющийся и 6 вьющийся тип роста, и все они имели период вегетации больше 150 дней. В нашем предыдущем исследовании наблюдались скороспелые вьющиеся сорта, отсутствующие в данном наборе образцов (Seferova, 2014).

Высота прикрепления нижнего боба – важный хозяйственный признак. Для осуществления без потерь механизированной уборки желателен высокий нижний боб выше 12 см. Большая часть изученных образцов не отвечает этому требованию. Очень малую высоту прикрепления нижнего боба (ниже 8 см) имели 236 образцов, малую (от 8,1 до 12 см) – 231 образец различных групп спелости. Высота прикрепления нижнего боба от 12,1 до 16 см была отмечена у 27 образцов. Из них 23 – очень позднеспелые и только два созревают за период до 130 дней. Это сорт ‘Kogane Daizu’ из Японии и линия 0537 (к-8876) из Канады. Образцов с более высоким прикреплением нижнего боба в изученном наборе выявлено не было.

Скороспелые формы сои практически обязательно имеют низкое прикрепление первого боба, поэтому среди них представляет интерес образец с относительно большим значением данного признака. Среди наиболее скороспелых образцов изученного набора (имеющих период всходы-созревание 81–90 дней) более высокое прикрепление нижнего боба (8,1–10 см) имел сорт ‘Красноградская’ (из Украины) и линия Stamm 54/145 M4509/73 (к-6781, из Германии). Среди образцов с периодом вегетации 101–110 дней было выявлено 4 образца с расположением первого боба на высоте 10,1–12,0 см: три из них являются линиями из Канады – 0103 (к-8618), 0128 (к-8630) и Молдавии – 2315 (к-8869) и один сортом ‘Wase Kin’ из Японии. Высота прикрепления нижнего боба имеет слабую положительную связь с длиной главного стебля ($r = 0,54$), продолжительностью периода всходы-созревание ($r = 0,40$) и практически не имеет связи с семенной продуктивностью ($r = 0,14$).

Большая часть образцов имеет желтую семенную кожуру. Семена с черной, коричневой и зеленой семенной кожурой, свойственной ряду сортов, предназначенных для выращивания на кормовые цели, а также для многих сортов, имеющих применение по овощному типу, встречались среди образцов с любой крупностью семян.

В изученном наборе образцов масса 1000 семян варьировала от 60 до 500 г. Самыми мелкими, с массой 1000 семян 60 г, были семена образца из Пакистана (к- 6366) с черной семенной кожурой. Масса 1000 семян от 71 до 130 г была у 32 образцов, от 131 до 190 – у 192 образцов, от 191 до 250 – у 201 образцов. Связь массы 1000 семян и массы семян с одного растения практически отсутствовала ($r = 0,17$), и при любой крупности семян выявлялись образцы с различной

продуктивностью. Больше половины образцов являлись высокопродуктивными (26,0–33,0 г с растения), и среди них численно преобладали образцы с семенами среднего размера.

Выявлено 67 образцов с очень крупными семенами (с массой 1000 семян, превышающей 250 г). Из них половина образцов имеет светлую, а половина – цветную семенную кожуру. Большая часть этих образцов происходит из стран Юго-Восточной Азии и имеет длинный период от всходов до созревания. Из крупносемянных образцов среднюю продолжительность вегетации (111–130 дней) имеют 3 сорта из Японии ('Karikachi', 'Kuro Sakigake', 'Ooyachi 1') и линия 0153 (к-7951) из Канады. За 101–110 дней созревает сорт 'Shimo Shirazu 1' из Японии и образец П-2-1320 (к-9406) из Венгрии. Скороспелыми, созревающими за 91–100 дней, являются сорт 'Zlocista' из Польши и образец 1413 (к-8052) из Канады. Наиболее продуктивными из крупносемянных были 13 очень позднеспелых образцов из Восточной Азии и одна линия AP-230 (к-9012) из США, вызревающая за период до 140 дней. Из относительно мелкосемянных (с массой 1000 семян до 100 г) имели высокую продуктивность (до 33 г) четыре позднеспелых образца из Южной Кореи. Среди высокопродуктивных образцов со средним периодом вегетации и средней крупностью семян можно указать сорт 'Sherman' из США, линии 0450 (к-8585), 0172 (к-8565) из Канады и образец 6450-m (к-9453) из Китая.

Оценивались величина и форма среднего листочка на листьях среднего яруса. Мелкие листочки (с длиной < 5,1 см) были у четырех образцов: 'Садовый 1' из России, Т 243 (к-7102) из США, 'Wase Daizu 7' из Японии, 0555 (к-8598) из Канады. Очень крупные листочки (с длиной > 14,0 см) имели 29 образцов, 24 из которых происходят из стран Юго-Восточной Азии, а пять из США ('Harman Kosice', 'Deug'), Украины ('Веселка'), Франции ('Rouest 3') и России ('Хабаровская 282'). Наиболее узкие листочки были у 10 образцов, у девяти из которых размер листочка был средний, а у одного сорта из Китая ('Tie-Feng 19a') – крупный. Яйцевидно-копьевидные листочки были у 160 образцов, яйцевидные у 302 и широкояйцевидные у 21.

Величина листочка имеет положительную связь с продолжительностью периода всходы-созревание ($r = 0,48$), то есть среди позднеспелых численно преобладают крупнолисточковые образцы. Связь величины листочка с семенной продуктивностью, рассчитанная по всему набору образцов, также была слабоположительной ($r = 0,27$), что в значительной степени определялось более высокой продуктивностью позднеспелых образцов с крупными листочками. Эта же связь, рассчитанная отдельно для образцов с определенным периодом всходы-созревание, была очень слабой.

Качественный состав семян оценивали через процентное содержание белка и масла. В изученном материале содержание сырого белка варьировало от 30,1 до 50,0%, а масла от 14,1 до 26,0%. Высокое содержание белка (45,1–50,0%) показали 39, а масла (24,1–26,0%) – 144 образца (табл. 2).

При анализе было выявлено, что образцы с высоким содержанием белка были во всех группах спелости. В качестве примеров образцов с высоким содержанием белка можно указать Stamm 54/145 M4509/73 (к-6781) из Германии (созревает за 81–90 дней), 'Bydgoska 052' из Польши, 'Находка' из России (за 91–100 дней), 'Wase Natsu' из Японии (101–110 дней), 'Kailua' из США (111–120 дней), 'Ishibari Daizu' из Японии (121–130 дней), 'Mizukuguri' из Японии (131–140 дней), 'Niigata 4' из Японии, 'Morse' из США (141–150), 'Шхепис 2' из Грузии, 'Ica Lili' из Колумбии (более 150 дней).

Максимальное содержание масла имели образцы, созревающие в интервале 91–150 дней. В самой скороспелой и самой позднеспелой группах образцов с таким содержанием масла не было выявлено. В остальных группах можно указать образцы ‘Юг 40’ из Украины, 0123 (к-8628) из Канады (продолжительность вегетации 91–100 дней), 0106 (к-8619) из Канады, КСХИ-23/85 (к-8905) из Молдовы (101–110), 2317 (к-8870) из Молдовы, PS-80 (к-9672) из Канады (111–120), ‘Приморская 930’ из России, ‘Sherman’ из США (121–130), AP-230 (к-9012) из США (131–140), ‘Ашхабад’ из Туркменистана, ‘Wea’ из США (141–150 дней).

Одновременно высокое содержание белка и масла не имел ни один образец, хотя ранее, в других наборах, такие образцы выявлялись (Seferova et al., 2014). Высокое содержание белка (45,1–50,0%) и среднее масла (20,1–22,0%) имели 10 образцов различных групп спелости. Среднее содержание белка (40,1–45,0%) и высокое масла (24,1–26,0%) имели два сорта: скороспелый ‘Красноградская 2’ (из Украины) и среднеспелый ‘Приморская 930’ (из России).

Высокую продуктивность и высокое содержание белка имели скороспелый образец к-2341 из Китая, позднеспелый сорт ‘Morse’ из США и крайне позднеспелые сорта ‘Шхепис 2’ из Грузии, ‘Ахагара’ и ‘Tou kichi 1’ из Японии. Высокая продуктивность сочеталась с максимальными значениями содержания масла у сортов из США – ‘Sherman’ (среднеспелый) и ‘Ripley’ (позднеспелый).

Таблица 2. Число образцов с различным содержанием белка и масла в семенах (Адлерский район города Сочи, 2013–2015 гг.)

Table 2. Number of soybean accessions with various protein and oil content in seeds (Adler District of Sochi, 2013-2015)

Содержание сырого белка в семенах, в сухом веществе, % Crude protein content in seeds, in dry matter, %	Содержание масла в семенах, в сухом веществе, % Oil content in seeds, in dry matter, %					
	14,1 – 16,0	16,1 – 18,0	18,1 – 20,0	20,1 – 22,0	22,1 – 24,0	24,1 – 26,0
30,1–35,0					2	5
35,1–40,0			16	31	54	17
40,1–45,0		8	48	92	40	2
45,1–50,0	1	9	19	10		

Корреляция между процентным содержанием белка и масла была отрицательной ($r = -0,55$), что выявлялось и при исследованиях других наборов образцов сои. С остальными изученными признаками содержание белка и масла сильных связей не имело.

Заключение

Проведенное на филиале Адлерская опытная станция ВИР в течение 2013–2015 гг. изучение 494 образцов сои позволило охарактеризовать материал по основным хозяйственно ценным и биологическим признакам и пополнило оценочные данные коллекции. Длительный период поступления изученных образцов в коллекцию (1922–1995 гг.) и разнообразие географического происхождения обусловили их разный селекционный статус и, как результат, большую изменчивость признаков. Проведена структуризация материала по значению селекционных признаков, что оптимизирует поиск источников конкретных признаков в коллекции в ответ на запросы селекционеров. Проведен анализ зависимости проявления хозяйственно полезных признаков от

продолжительности вегетации и выделены источники признаков среди образцов различных групп спелости.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-1164070369-4.

References/Литература

- Ermaikov A.I.* (Ed.). Methods of biochemical evaluation of plants. Leningrad, 1987, 429 p. [in Russian] (Ермаков А.И. (ред.). Методы биохимического исследования растений. Л., 1987, 429 с.).
- Vishnyakova M. A.* (Ed.). Collection of world genetic resources of VIR grain bean: replenishment, preservation and studying. Methodical instructions. St. Petersburg : VIR, 2010, 142 p. [in Russian] (Вишнякова М. А. (ред.). Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. СПб. : ВИР, 2010. 142 с.).
- Seferova I. V., Boyko A. P., Perchuk I. N., Shelenga T. V., Sholukhova T. A.* Results of testing of soybean's accessions at VIR Adler experimental station in 2013–2015 // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2014, vol. 175, iss. 3, pp. 34–41 [in Russian] (Сеферова И. В., Бойко А. П., Шеленга Т. В., Шолухова Т. А. Результаты изучения образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2010–2012 гг. // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2014. Т. 175, № 3. С. 34–41).
- Seferova I. V., Boyko A. P., Shelenga T. V., Perchuk I. N., Sholukhova T. A., Vilenchuk V. Y.* Catalog of the VIR world collection / Soybean: starting material for selection in the southern regions of the Russian Federation. St. Petersburg, 2018. Iss. 855, 40 p. [in Russian] (Сеферова И. В., Бойко А. П., Шеленга Т. В., Перчук И. Н., Шолухова Т. А., Виленчук В. Я. Каталог мировой коллекции ВИР / Соя: исходный материал для селекции в южных регионах Российской федерации. СПб., 2018. Вып. 855. 40 с.).
- Shchelko L. G.* Soya // Theoretical basis of plant breeding. The gene bank and breeding of grain legumes (lupine, vetch, soya and bean). Vol. 3. St. Petersburg : The N. I. Vavilov Institute of Plant Industry, 1995, pp. 196–322 [in Russian] (Щелко Л. Г. Соя // Теоретические основы селекции. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур (люпин, вика, соя, фасоль). Т. 3. СПб. : ВНИИР, 1995. С. 196–322).

УДК: 634.232:634.21:581.162.
41:57.086.13

**М. Н. Ситников,
В. Г. Вержук,
А. В. Павлов,
Д. Д. Бондарук**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И.
Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: genetik@mail.ru

Ключевые слова:

криоконсервация, сверхнизкие
температуры, абрикос, черешня,
пыльца, сохранение
биоразнообразия

Поступление:

06.06.2018

Принято:

19.09.2018

АНАЛИЗ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПЫЛЬЦЫ АБРИКОСА И ЧЕРЕШНИ ПОСЛЕ КРИОКОНСЕРВАЦИИ

Криоконсервация позволяет снизить до минимума потерю ценных образцов и сократить материальные затраты на поддержание растительных ресурсов. Использование метода длительного хранения пыльцы в криобанках дает возможность сохранять жизнеспособные пыльцевые зерна неограниченное время. В ходе исследования проведена работа по криоконсервации пыльцы растений косточковых культур и изучена жизнеспособность пыльцы после воздействия сверхнизких температур (-196°C) в лабораторных условиях. Исследования проводились на растениях абрикоса *Armeniaca vulgaris* Lam. черешни *Cerasus avium* (L.) Moench, с которых собиралась пыльца. Оценку жизнеспособности в лабораторных условиях проводили путем проращивания на различных питательных средах. Показана возможность длительного сохранения пыльцы в парах жидкого азота с сохранением ее фертильности. На основе полученных результатов создается коллекция пыльцы для реализации различных селекционных программ.

**M. N. Sitnikov,
V. G. Verzhuk,
A. V. Pavlov,
D. D. Bondaruk**

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: genetik@mail.ru

Key words:

cryopreservation, ultra-low
temperatures, apricot, sweet cherry,
pollen, biodiversity conservation

Received:

06.06.2018

Accepted:

19.09.2018

THE ANALYSIS OF APRICOT AND SWEET CHERRY POLLEN VIABILITY AFTER CRYOPRESERVATION

Cryopreservation minimizes the risk of losing valuable accessions and reduces the material costs of plant resources maintenance. By using the method of pollen long-term storage in cryobanks, it is possible to keep pollen grains viable for an unlimited time. In the course of the research, cryoconservation of pollen of stone fruit crops was performed and pollen viability was checked after exposure to ultra-low temperatures (-196°C) under laboratory conditions. The studies were carried out on apricot (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and sweet cherry (*Cerasus avium* (L.) Moench) plants, from which pollen was collected. Evaluation of viability in laboratory conditions was carried out by germination on various nutrient media. The possibility of long-term pollen preservation in liquid nitrogen vapor is shown. Based on the results obtained, a collection of pollen is being created for implementing various breeding programs.

Введение

В условиях изменяющегося климата и интенсификации сельскохозяйственного производства остро встает вопрос сохранения генофонда культурных растений – как одного из важнейших компонентов в сохранении природного биоразнообразия. Ухудшение почвенно-климатических условий, вследствие мощного антропогенного воздействия на окружающую среду, является негативным фактором не только для растений, но и человека. Число организмов, вовлеченных в молекулярно-генетические исследования, ограничено, однако, многие из пока неизученных видов обладают ценными генетическими свойствами, которые человек может использовать в будущем. В этом отношении актуальность использования методов криоконсервации, дающих возможность длительного сохранения генофонда ценных видов растений, не вызывает сомнения. Криогенное хранение позволяет снизить до минимума потерю ценных образцов и сократить материальные затраты на поддержание растительных ресурсов. Создание оптимальных условий для сохранения фертильности пыльцы на период от сбора до ее применения, особенно длительное время, необходимо в селекционных целях. Постоянное наличие достаточного количества разнообразной пыльцы с высокой жизнеспособностью и фертильностью облегчает проведение работ по гибридизации, позволяет опылять растения, находящиеся на значительном удалении или цветущих в разное время года; при промышленном производстве возможно сокращение площадей, занимаемых сортами-опылителями.

Использование метода длительного хранения пыльцы в криобанках дает возможность сохранять жизнеспособные пыльцевые зерна в таком количестве, сколько потребуется для круглогодичного обеспечения и широкого обмена генетическим фондом как внутри страны, так и за ее пределами (Dzyubenko, Verzhuk, 2016).

Целью нашей работы была оценка жизнеспособности пыльцы косточковых культур после хранения в жидком азоте (-196°C). Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: сбор пыльцы абрикоса и черешни в период интенсивного цветения; подготовка и замораживание пыльцы в жидком азоте при температуре -196°C ; размораживание пыльцы и проверка жизнеспособности в лабораторных условиях.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на растениях абрикоса *Armeniaca vulgaris* Lam. двух сортов: ‘Шалах’ и ‘Краснощекий’, которые очень активно используются в селекции для создания высокопродуктивных и засухоустойчивых сортов и на растениях черешни *Cerasus avium* (L.) Moench следующих сортов: ‘Волшебница’, ‘Французская черная’, ‘Одесская черная’.

Сорта абрикоса: ‘Краснощекий’ – основной промышленный, столовый и консервный сорт Украины, Молдавии, Северного Кавказа и Крыма В 1936–1938 гг. он был выделен как перспективный сорт по своей урожайности, крупным размерам и оригинальным качествам плодов. В сравнении с другими сортами абрикоса отличается выносливостью, неприхотливостью, холодостойкостью (Smykov, Savvina, 1989).

‘Шалах’ (‘Еревани’) – десертный армянский сорт народной селекции, культивируемый в Армении на половине всей площади насаждений абрикоса, пользующийся очень широкой популярностью как отличный столовый

и консервный сорт, с крупными красивыми плодами высоких вкусовых качеств. В Никитский ботанический сад этот сорт был завезен еще до Октябрьской революции, но в производственное испытание в других районах юга СССР передан лишь в 1934–1937 гг. Первые плоды дает на пятый-шестой год. С дерева снимают до 30–35 кг плодов. Плоды среднего размера (25 г), округлой формы, светло-оранжевые. Мякоть сочная, сладкого, приятного вкуса (Смукон, 1983).

Сорта черешни: ‘Волшебница’ – сорт селекции Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства (г. Краснодар). Получен путем направленной селекции от опыления сортов ‘Дрогана желтая’ и ‘Французская черная’. Автор Е. М. Алехина. Принят и проходит государственное испытание в Северо-Кавказском регионе с 2005 г. Сорт универсального использования, в технической переработке используется для приготовления компота, сухофруктов, заморозки (Katalog ..., 1979).

‘Французская черная’ – западноевропейский сорт неустановленного происхождения. Районирован в 1959 г., допущен к использованию в производстве по Северо-Кавказскому региону. Наиболее распространенный в Краснодарском крае сорт, позднего срока созревания. Назначение плодов универсальное, обладает хорошими десертными качествами плодов, дает высококачественную продукцию при технической переработке и заморозке (Kolesnikov, 1959).

‘Одесская черная’ – распространен и был районирован в Молдавии и южных областях Украины, Узбекистане. Сорт размножен в Одесском питомнике. Созревание среднепозднее. В пору плодоношения вступает рано. Урожайность высокая. Положительные качества: высокая урожайность, крупная величина плодов. Недостаток сорта: при дождях плоды быстро трескаются и загнивают. (Katalog mirovoy..., VIR, 1982)

Методика исследования. Сбор пыльцы исследуемых сортов проводили в период интенсивного цветения. Затем пыльцевые зерна подсушивали в течение двух дней в помещении при температуре +25...+30°C. Окончание сушки можно определить по следующим признакам: во-первых, обножка представлена отдельными твердыми комочками, которые можно с трудом раздавить; во-вторых, при высыпании пыльцы на фанеру с высоты 20–25 сантиметров можно услышать звонкий звук падающих зерен (Bogotova, Sitnikov et al., 2016).

Подсушенные пыльцевые зерна замораживали в жидком азоте (–196°C) непосредственным погружением в азот в специальных криопробирках. Экспозиция в азоте составляла двое суток (Verzhuk, Tikhonova, Zhestkov, 2005). Затем пыльцевые зерна размораживали на воздухе при комнатной температуре. В процессе хранения замороженной пыльцы необходимо строго соблюдать постоянную температуру, не допускать полного испарения жидкого азота, оберегать от механической тряски. Важное значение имеет режим оттаивания, который можно проводить несколькими способами: извлечением из жидкого азота и переносом в воду с температурой +38...+40°C; переносом непосредственно из жидкого азота на воздух; быстрым прохождением температурного диапазона от –196°C до –50°C с последующим переходом до 0°C. При необходимости после хранения в жидком азоте доведенную до 0°C пыльцу можно хранить в течение нескольких дней в холодильнике в эксикаторе с хлористым кальцием (Program and methods..., 1999).

Замораживание при ультранизких температурах (–196°C) обеспечивает хранение биологических материалов неограниченно долгое время, а так как при температуре жидкого азота прекращается деление клеток и метаболическая активность, в них не происходит генетических изменений (Hao et al., 2001, Kiseleva,

Verzhuk, 2012). На сегодня криоконсервация считается единственно приемлемой технологией для длительного, надежного, низкочастотного хранения различных категорий растительного материала, включая семена, каллусы, протопласты, зиготические и соматические эмбриониды, суспензионные клетки, гаметы и меристемы (Engelmann, 2011).

Лабораторное определение относительной жизнеспособности пыльцы исследуемых сортов после криоконсервации проводили методом проращивания ее на искусственных питательных средах с градиентным содержанием сахарозы. Процент жизнеспособности пыльцы определяли отношением количества проросших пыльцевых зерен к общему количеству пыльцевых зерен в наблюдаемой выборке. Выборка составила 200 пыльцевых зерен не менее чем в трех полях зрения.

Пыльцу после криоконсервации проверяли на жизнеспособность путем проращивания в питательной среде с агарозой (1%) и сахарозой разной концентрации вместе с исходной пыльцой, собранной с тех же растений. В трех вариантах опыта концентрация сахарозы составляла 5, 10, 15% соответственно.

Результаты и обсуждение

Жизнеспособность пыльцы абрикоса. Анализ жизнеспособности пыльцы абрикоса сорта ‘Краснощекий’ после замораживания до сверхнизкой температуры и последующего оттаивания проводили путем проращивания на питательной среде, было показано, что при 15% концентрации сахарозы жизнеспособность сохраняют 33% пыльцевых зерен. При использовании в качестве субстрата питательной среды с концентрацией сахарозы 10% проросло 47,5% пыльцевых зерен. Для абрикоса сорта ‘Краснощекий’ максимальное прорастание пыльцы наблюдалось на питательной среде с концентрацией сахарозы 5%, где проросло 50% пыльцевых зерен, прошедших криоконсервацию (табл. 1).

Таблица 1. Жизнеспособность пыльцы сортов абрикоса после воздействия сверхнизких температур (–196°C), %
Table 1. Viability of pollen of apricot varieties after exposure to ultra-low temperatures (–196°C), %

Концентрация питательной среды Concentration of the nutrient medium	Название сорта Variety name			
	Краснощекий		Шалах	
	Исходная Before	После криоконсервации After cryopreservation	Исходная Before	После криоконсервации After cryopreservation
	60%	50%	37,5%	34%
10%	56%	47,5%	50%	47,2%
15%	38%	33%	50%	41%

НСР₀₅ = 2,4

В опытном варианте с сортом ‘Шалах’ были получены следующие результаты: на питательной среде с концентрацией сахарозы 5% проросло только 34% пыльцевых зерен. На питательной среде с концентрацией сахарозы 15% проросло 40% пыльцевых зерен. Для абрикоса сорта ‘Шалах’ оптимальной являлась питательная среда с концентрацией сахарозы 10%, где проросло максимальное количество пыльцы 47,2%.

Жизнеспособность пыльцы черешни. При подсчете проросших пыльцевых зерен сортов черешни, участвовавших в эксперименте на питательной среде с 5% концентрацией сахарозы можно отметить, что наилучшую жизнеспособность имеет пыльца сорта ‘Французская черная’, затем следует сорт ‘Волшебница’, показывающий хорошую прорастаемость пыльцы. Сорт ‘Одесская черная’ имеет удовлетворительную прорастаемость в контроле, но она несколько снижается после воздействия сверхнизких температур.

На питательной среде с 10% содержанием сахарозы лучшую жизнеспособность проявляет пыльца сорта ‘Волшебница’, у которого разница между контролем и вариантом после криогенного воздействия незначительна. Затем следует сорт ‘Французская черная’, у которого наблюдается некоторое снижение жизнеспособности пыльцы экспериментального варианта по сравнению с контрольным. У сорта ‘Одесская черная’ на питательной среде с 10% содержанием сахарозы лучше, чем исходная, прорастает пыльца, подвергшаяся воздействию сверхнизких температур.

Для сорта ‘Одесская черная’, у которого практически одинаковую прорастаемость показывает свежесобранная пыльца и пыльца, хранившаяся при сверхнизких температурах, 15% содержание сахарозы в питательной среде является оптимальным. Пыльца сортов ‘Французская черная’ и ‘Волшебница’ также имеет высокую жизнеспособность, но у них наблюдается некоторая депрессия в прорастании пыльцы после хранения в парах жидкого азота (-196°C).

Анализируя данные, представленные в таблице 2, можно сделать заключение, что наибольшей способностью к прорастанию независимо от концентрации сахарозы в питательной среде обладает сорт ‘Французская черная’. Пыльца этого сорта показывает жизнеспособность на уровне 85–89%. Наилучшая среда для прорастания пыльцы сорта ‘Волшебница’ – с 10%-м содержанием сахарозы. На этой питательной среде показатель жизнеспособности пыльцы максимален. Для сорта ‘Одесская черная’ оптимальным явилось 15%-е содержание сахарозы в питательной среде, при котором экспериментальный вариант показывает способность к прорастанию на уровне контроля.

Таблица 2. Жизнеспособность пыльцы сортов черешни после воздействия сверхнизких температур (-196°C), %

Table 2. Viability of pollen of cherry varieties after exposure to ultralow temperatures (-196°C), %

Концентрация питательной среды Concentration of the nutrient medium	Название сорта Variety name					
	Волшебница		Французская черная		Одесская черная	
	Исходная Before	После криоконсервации After cryo-preservation	Исходная Before	После криоконсервации After cryo-preservation	Исходная Before	После криоконсервации After cryo-preservation
5%	79,3	76,4	88,4	85,3	64,2	61,2
10%	91,2	90,8	89,3	85,8	82,1	87,6
15%	87,6	84,3	86,5	82,7	89,4	89,7

НСР₀₅ = 1,7

Выводы

Проверка жизнеспособности пыльцы абрикоса на питательных средах с градиентным содержанием сахарозы показала, что пыльца сорта ‘Краснощеккий’ наиболее жизнеспособна на питательной среде с концентрацией 5%.

Жизнеспособность пыльцы сорта 'Шалах' оказалась наивысшей на среде с концентрацией 10%.

Наилучшую жизнеспособность у черешни на питательной среде с 5% концентрацией сахарозы имеет пыльца сорта 'Французская черная', затем следует сорт 'Волшебница'. На питательной среде с 10% содержанием сахарозы лучшую жизнеспособность проявляет сорт 'Волшебница', затем следует сорт 'Французская черная'. У сорта 'Одесская черная' по сравнению с контролем на данной питательной среде лучше прорастает пыльца, подвергшаяся воздействию сверхнизких температур. Сорт 'Одесская черная' на питательной среде с 15% концентрацией сахарозы показывает практически одинаковую прорастаемость свежесобранной пыльцы и пыльцы, хранившейся при сверхнизких температурах. Сорта 'Французская черная' и 'Волшебница' также имеют высокую жизнеспособность, но у них наблюдается некоторое снижение в прорастании пыльцы после хранения в парах жидкого азота (-196°C).

На основе полученных результатов можно рекомендовать метод прямого замораживания в жидком азоте пыльцы плодовых растений для длительного хранения с последующим ее использованием в селекционных программах.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0004 «Совершенствование стратегии, теории, методов и технологий ex situ хранения генетических ресурсов растений без потери их жизнеспособности», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710363-2.

References/Литература

- Bogotova Z. I., Sitnikov M. N., Sherieva S. A., Zamburova D. S., Gidova E. M., Paritov A. Yu., Khandokhov T. Kh., Karmokova M. K. Study of pollen viability in fruit crops after exposure to ultralow temperatures (Izucheniye zhiznesposobnosti pylytsy plodovykh kultur posle vozdeystviya sverkh nizkikh temperatur) // Modern Problems of Science and Education (Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya), 2016, no. 3 [Electronic resource]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24849> (date of referencing: 18.03.2017) [in Russian] (Боготова З. И., Ситников М. Н., Шериева С. А., Замбурова Д. С., Гидова Э. М., Паритов А. Ю., Хандохов Т. Х., Кармокова М. К. Изучение жизнеспособности пыльцы плодовых культур после воздействия сверхнизких температур // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24849> (дата обращения: 18.03.2017).
- Dzyubenko N. I., Verzhuk V. G., Pavlov A. V., Shubin N. A. Development and utilization of modern technologies in conservation of fruit and berry plant genetic diversity at VIR using plant cryoconservation techniques (Razrabotka i ispolzovaniye sovremennykh tekhnologiy sokhraneniya genofonda plodovo-yagodnykh kultur VIR s pomoshchyu metodov kriokonservatsii rasteniy) // In: Annual meeting of the Society of Plant Physiologists of Russia. Signal Systems of Plants: from the Receptor to the Organism»s Response (Godichnoye sobraniye Obshestva fiziologov Rossii. Signalnyye sistemy rasteniy: ot retseptora do otvetnoy reaktsii organizma). Society of Plant Physiologists of Russia; N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry; St. Petersburg State University, 2016, pp. 421–422 [in Russian] (Дзюбенко Н. И., Вержук В. Г., Павлов А. В., Шубин Н. А. Разработка и использование современных технологий сохранения генофонда плодово-ягодных культур ВИР с помощью методов криоконсервации растений / Сб. Годичное собрание общества физиологов растений России. Сигнальные системы растений: от рецептора до ответной реакции организма. Общество физиологов растений России; Всероссийский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова; Санкт-Петербургский государственный университет. 2016. С. 421–422).
- Engelmann F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity // In Vitro Cell Dev. Biol. Plant. 2011, vol. 4, pp. 5–16.
- Hao Y. J., Liu Q. L., Deng X. X. Effect of Cryopreservation on Apple Genetic Resources at Morphological, Chromosomal, and Molecular Levels // Cryobiologie. 2001, vol. 43, pp. 46–53.

- Katalog mirovoy kollektsii VIR / Malorasprostrannyye v SSSR sorta chereszni i vishni*. Leningrad, 1982, iss. 334, 44 p. [in Russian] (Каталог мировой коллекции ВИР / Малораспространенные в СССР сорта черешни и вишни. Л., 1982. Вып. 334. 44 с.).
- Katalog mirovoy kollektsii VIR / Sorta chereszni i vishni*, вып. 250, P.11, Leningrad, 1979 [in Russian] (Каталог мировой коллекции ВИР / Сорта черешни и вишни. Л., 1979. Вып. 250., 11 с.).
- Kiseleva A. A., Verzhuk V. G., Savelyev N. I., Dorokhov D. S., Zheltikov Yu. V., Yeremina O. V., Potokina E. K., Dzyubenko N. I.* Methods for monitoring genetic stability in fruit crops during cryoconservation // *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2012, vol. 169, pp. 280–288 [in Russian] (*Киселева А. А., Вержук В. Г., Савельев Н. И., Дорохов Д. С., Желтиков Ю. В., Еремина О. В., Потокина Е. К., Дзюбенко Н. И.* Методы мониторинга генетической стабильности плодовых культур в условиях криоконсервации. // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 169. С. 280–288).
- Kolesnikov M. A.* Chereshnya, Moscow, 1959. 83 p. [in Russian] (*Колесников М. А.*, Черешня. Москва, 1959. 83 с.).
- Program and methods of variety-specific study of fruit, berry and nut crop plants (Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur)*. Orel : VNIISPК, 1999, 608 p. [in Russian] (*Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур*. Орел : ВНИИСПК, 1999. 608 с.).
- Smykov V. K.* Abrikos // In: *Dostizheniya selektsii plodovykh kultur i vinograda* /eds. I. P. Kalinkina, X. K. Enikееv. Moscow : Kolos, 1983, p. 154 [in Russian] (*Смыков В. К.* Абрикос // В кн.: Достижения селекции плодовых культур и винограда / под ред. И. П. Калинкиной и Х. К. Еникеева. М. : Колос, 1983. С. 154).
- Smykov V. K., Savvina T. M., Isakova M. D.* Abrikos / ed. V. K. Smykov, Moscow : Agropromizdat, 1989 pp.108–109 [in Russian] (*Смыков В. К., Саввина Т. М., Исакова М. Д.* Абрикос / под ред. В. К. Смыкова, Москва : Агропромиздат, 1989. С. 108–109).
- Verzhuk, V. G., Tikhonova N. G., Zhestkov A. S.* Viability of pollen of fruit crops after low-temperature storage and cryopreservation. *Problems of Cryobiology*, Kharkov, 2005, vol. 15, no. 3, pp. 302–305 [in Russian] (*Вержук В. Г., Тихонова Н. Г., Жестков А. С.* Жизнеспособность пыльцы плодовых культур после низкотемпературного хранения и криоконсервации. Проблемы криобиологии. Харьков, 2005. Т. 15, № 3. С. 302–305).

**А. Е. Соловьева,
Т. В. Шеленга,
М. О. Бурляева**

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

Ключевые слова:

аскорбиновая кислота, каротиноиды, каротины, β-каротин, хлорофиллы *a* и *b*, фенольные соединения, *Lathyrus sativus*, *L. latifolius*, *L. linifolius*, *L. sylvestris*, *L. tuberosus*, *L. vernus*

Поступление:

12.07.2018

Принято:

19.09.2018

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *LATHYRUS* L.

Актуальность. Многие однолетние и многолетние и однолетние виды чины используются в сельском хозяйстве как кормовые культуры. При поиске образцов, отличающихся наибольшей кормовой ценностью, и для создания сортов с повышенным качеством зеленой массы важно изучение содержания биологически активных веществ (БАВ).

Материалы и методы. Изучали 35 образцов 6 видов рода *Lathyrus* L. из коллекции ВИР – *L. sativus* L., *L. vernus* (L.) Bernh., *L. latifolius* L., *L. tuberosus* L., *L. linifolius* (Reichard) Bassler, *L. sylvestris* L. Биологически активные вещества исследовали в зеленой массе чины в фазу начала налива бобов. Материал обрабатывали и анализировали по методикам ВИР (Ermakov et al., 1987). Для определения фенольных соединений был использован метод газо-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией (ГЖХ МС) на хроматографе «Agilent 6850» (USA).

Результаты. Впервые проведено исследование содержания аскорбиновой кислоты, каротиноидов, каротинов, β-каротина, хлорофиллов *a* и *b*, фенольных соединений у *Lathyrus* species. По содержанию биологически активных веществ в траве чины были выявлены значительные межвидовые и межсортовые различия. Диапазон изменчивости значений этих признаков составил: у аскорбиновой кислоты – 39,0–133,0, хлорофиллов *a* и *b* – 55,5–365,5, каротиноидов – 10,6–44,5, каротинов – 3,6–30,0, β-каротина – 2,6–24,8, фенольных соединений – 4,4–199,4, мг/100 г сырого вещества. Самые высокие показатели наблюдались у *L. linifolius* и *L. latifolius* L. **Выводы.** Зеленая масса исследованных образцов сбалансирована по содержанию биологически активных веществ и отличается питательной ценностью. Все изученные виды представляют интерес для селекции кормовых сортов, представители чины лесной и посевной для практического использования в кормопроизводстве. Чины широколистная и льнолистная перспективны как источники биологически активных веществ.

A. E. Solovyeva,
T. V. Shelenga,
M. O. Burlyaeva

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

Key words:

ascorbic acid, carotenoids, carotenes,
β-carotene, chlorophyll a and b,
phenols, *Lathyrus sativus*, *L. latifolius*,
L. linifolius, *L. sylvestris*, *L. tuberosus*,
L. vernus

Received:

12.07.06.2018

Accepted:

19.09.2018

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF SOME SPECIES OF THE GENUS *LATHYRUS* L.

Background. Many of perennial and annual *Lathyrus* species have economic significance and are used of the world's agriculture. They are often cultivated as forage crops. An important role in developing new forage crops is given to selection for an increased quality of green biomass. Studying biologically active substances (BAS) in green matter of different *Lathyrus* varieties is needed to search for accessions with as high nutritional value as possible that can serve as sources of BAS. **Materials and methods.** Thirty-five accessions representing 6 species (*L. sativus* L., *L. vernus* (L.) Bernh., *L. latifolius* L., *L. tuberosus* L., *L. linifolius* (Reichard) Bassler, *L. sylvestris* L.) of the genus *Lathyrus* L. from the VIR collection were studied. BAS were detected in the green biomass of the accessions in an early phase of bean ripening. The accessions were analyzed by VIR-approved methods (Ermakov et al., 1987). The qualitative and quantitative analyses of phenolic compounds was performed by means of gas chromatography with mass spectrometry (GC-MS Agilent 6850, USA). **Results.** The content of ascorbic acid, carotenoids, carotenes, β-carotene, chlorophylls a and b, phenolic compounds in the *Lathyrus* species was studied for the first time. Significant interspecific and intervarietal differences were identified in the BAS content of green matter. The range of variability was as follows: ascorbic acid: 39.0–133.0; chlorophylls a and b: 55.5–365.5; carotenoids: 10.6–44.5; carotenes: 3.6–30.0; β-carotene: 2.6–24.8; phenols: 4.4–199.4 mg/100g of raw material. The highest rates were observed in *L. linifolius* and *L. latifolius* accessions. **Conclusion.** Green biomass of the studied *Lathyrus* accessions was balanced in the BAS content and showed high nutritive value. All studied species are of interest for forage crop breeding. The accessions of flat pea (*L. sylvestris*) and grass pea (*L. sativus*) are promising for practical use in feed production. *L. linifolius* and *L. latifolius* have good prospects as sources of biologically active substances.

Введение

В связи с постоянно растущим спросом на продовольственные и кормовые ресурсы и необходимостью диверсификации современных систем земледелия, ученые из разных стран обращают внимание на виды из рода *Lathyrus* L. Многие из них имеют экономическое значение, являются дешевым источником белка для человека и животных и используются в сельском хозяйстве во всем мире. В основном виды чины возделываются для кормовых целей, на зеленое удобрение для обогащения почвы азотом, для уменьшения ветровой и водной эрозии почв (Campbell et al., 1994; Campbell, 1997; Girma et al., 2011; Piergiovanni et al., 2011).

Чина отличается высокими кормовыми качествами (содержание белка в вегетативной массе – 27,3% на сухое вещество). Сено из чины по своей питательной ценности не уступает сено из люцерны (Poland et al., 2003). Содержание белка в зеленой массе чины в % на сухое вещество у ряда видов достигает 29,7, жира до 5,32, клетчатки 25,68, золы 11,60, сахаров 7,1 (Sirona-Ikonnikova, 1960; Burlyaeva et al., 2012, Burlyaeva et al., 2017).

Однако по сравнению с другими кормовыми культурами потенциал видов из рода *Lathyrus* остается практически неиспользованным. Биохимический состав зеленой массы многих видов остается неизученным. Несмотря на общеизвестную роль биологически активных веществ (БАВ) для нормальной жизнедеятельности организмов и улучшения качества кормов, научных работ посвященных анализу растений чины по содержанию аскорбиновой кислоты, хлорофиллов *a* и *b*, каротинов, β -каротина, каротиноидов и фенольных соединений в настоящее время нет. Более детальное знание биохимического состава зеленой массы облегчило бы поиск образцов, отличающихся наибольшей кормовой ценностью, и способствовало бы созданию сортов с повышенным качеством зеленой массы.

Аскорбиновая кислота (АК) – полифункциональное соединение, которое обладает способностью обратимо окисляться и восстанавливаться, что делает возможным ее участие в важнейших энергетических процессах растительной клетки – фотосинтезе и дыхании. АК – это сильный антиоксидант. Она участвует в процессах роста, цветения, вегетативной и репродуктивной дифференциации, в водном обмене, регуляции ферментативной активности, стимуляции реакций метаболизма, связанных с обменом нуклеиновых кислот и синтезом белка, в защитных реакциях растений (Chupakhina, 1997).

Пигменты, содержащиеся в органоидах растительных клеток и клеточном соке, обеспечивают зеленую, желтую, красную и другую окраску вегетативных и генеративных органов растений. «Зеленые» пигменты представлены хлорофиллами *a* и *b*, которые принимают участие в процессах фотосинтеза и содержатся во всех ассимилирующих органах. Они находятся в хлоропластах в больших количествах, часто связаны с белком, но легко извлекаются растворами типа ацетона или эфира. «Желтые» пигменты – каротиноиды, как и хлорофиллы, чрезвычайно широко распространены в растениях и представляют собой смесь ксантофиллов (60%) и каротинов (40%). Каротиноиды – это жирорастворимые пигменты, являющиеся тетратерпиноидами C_{40} . Каротиноиды имеют две основные функции в растениях: 1) они используются как добавочные пигменты в процессах фотосинтеза и 2) определяют окраску цветов и плодов. Каротиноиды синтезируются вместе с β -каротином в листьях высших растений. Каротины в растениях представлены смесью изомеров: α -, β -, γ -, δ -, ζ - и др., но только α -, β -, γ -каротины обладают биологической активностью – способностью в организме превращаться в витамин А.

Одним из важнейших показателей, который отражает антиоксидантную активность и устойчивость к воздействию внешних факторов среды, является содержание фенольных соединений (ФС). Интерес к изучению ФС обусловлен поиском новых источников биологически активных веществ с заданными свойствами, например, антиканцерогенным и противомикробным свойствами. Эффект воздействия ФС напрямую связан их концентрацией, поэтому важен не только качественный, но и количественный анализ ФС (Spanou et al., 2010). Чину давно используют в народной медицине при лечении широкого спектра заболеваний (Plant resources of the USSR, 1987). У зарубежных исследователей вызывает интерес изучение ингибиторной активности экстрактов чины на ряд ферментов (холестераза, α -амилаза и α -глюкозидаза) для терапии болезни Альцгеймера и диабета 2-го типа (Uriarte-Pueyo, Calvo, 2011; Apostolidis et al., 2011; Llorent-Martínez et al., 2017).

В связи с вышесказанным, целью нашего исследования являлось изучение биологически активных веществ в зеленой массе чины для всесторонней оценки ее кормовой и пищевой ценности.

**Таблица 1. Изученные виды рода *Lathyrus* L.
Table 1. The studied species of the genus *Lathyrus* L.**

Вид	Происхождение	Число изученных образцов
<i>Lathyrus sativus</i> L. (чина посевная)	Азербайджан, Англия, Афганистан, Белоруссия, Германия, Грузия, Колумбия, Россия (Воронежская обл., Зауралье), Таджикистан, Турция, Украина, Франция, Чехословакия, Швеция, Эритрея, Эфиопия	25
<i>L. sylvestris</i> L. (чина лесная)	Венгрия, Германия	5
<i>L. vernus</i> (L.) Bernh. (чина весенняя)	Германия, Финляндия	2
<i>L. linifolius</i> (Reichard) Bassler (чина льнолистная)	Норвегия	1
<i>L. latifolius</i> L. (чина широколистная)	Германия	1
<i>L. tuberosus</i> L. (чина клубненосная)	Россия (Краснодарский кр.)	1

Материалы и методы

Исследовали 35 образцов зеленой массы 6 видов рода *Lathyrus* из коллекции ВИР, выращенных в 2012 и 2013 гг. на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР; Санкт-Петербург) (табл. 1). Растения возделывали на удобренной почве при естественном увлажнении. Агротехнические приемы по уходу за растениями осуществляли по стандартным методикам, принятым в ВИР (Vishnyakova et al., 2010).

Биологически активные вещества исследовали в зеленой массе чины в фазу начала налива бобов. Для каждого образца было изучено 5 растений. Материал обрабатывали и анализировали по методикам ВИР (Erмаков et al., 1987).

Количество аскорбиновой кислоты было определено методом прямого извлечения из растений 1% соляной кислотой, с последующим титрованием с

помощью 2,6-дихлориндофинола. Каротиноиды и хлорофиллы были выделены с помощью ацетона, и их абсорбция была измерена на спектрофотометре при различных длинах волн, суммарное содержание каротинов определяли методом бумажной хроматографии. Для определения фенольных соединений был использован метод газо-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией (ГЖХ МС) на хроматографе «Agilent 6850» (USA).

Таблица 2. Содержание биологически активных веществ (мг/100 г сырого вещества) у видов рода *Lathyrus* L.
Table 2. The content of biologically active substances (mg/100g of raw material) in species of the genus *Lathyrus* L.

Вид	Аскорбиновая кислота	Хлорофиллы а и b	Каротиноиды	Каротины	β-каротин	Фенольные соединения
<i>Lathyrus sativus</i>	60,7* 39,0–99,3	127,2* 55,5–179,9	23,0* 13,9–32,7	9,3* 3,6–15,2	5,6* 2,6–7,5	59,2* 4,4–199,4
<i>L. sylvestris</i>	56,1* 50,0–63,9	170,0* 150,1–186,3	20,1* 10,6–34,6	9,1* 7,4–11,2	6,9* 5,8–8,6	43,1* 15,2–79,8
<i>L. vernus</i>	41,5* 40,8–42,2	181,4* 177,3–185,4	14,8* 13,1–16,4	10,8* 9,9–11,6	5,3* 5,1–5,5	28,7* 21,8–35,7
<i>L. linifolius</i>	133,3	265,1	31,1	23,93	8,48	71,59
<i>L. latifolius</i>	97,9	365,5	44,5	30,0	24,8	132,4
<i>L. tuberosus</i>	122,4	163,4	27,6	14,2	6,8	6,4

* среднее значение

Результаты и обсуждение

Наличие значительной изменчивости в содержании веществ в отдельных растениях дает возможность проводить селекционную работу на улучшение химического состава растений, выделяющихся другими ценными хозяйственными свойствами. В ходе работы нами была выявлена высокая изменчивость показателей содержания биологически активных веществ у представителей рода *Lathyrus*: по аскорбиновой кислоте, хлорофиллам, каротиноидам, каротинам, β-каротину и фенольным соединениям (табл. 2).

Аскорбиновая кислота. Ассимилирующие листья разных видов чины накапливают большое количество аскорбиновой кислоты, среднее значение аскорбиновой кислоты равнялось 62 мг/100 г. Нами была отмечена изменчивость в накоплении аскорбиновой кислоты в зеленой массе различных видов чины в годы исследования в пределах от 39 до 133 мг/100 г (см. табл. 2). В 2012 г. среднее содержание аскорбиновой кислоты было 74 мг/100 г, в 2013 г. – 50 мг/100 г. Содержание аскорбиновой кислоты чины посевной варьировало от 39 до 99 мг/100 г, чины лесной от 50 до 64 мг/100 г, чины весенней – от 40 до 42, чины льнолистной – 133 мг/100 г, чины широколистной – 98 мг/100 г, чины клубненосной – 122 мг/100 г. Наиболее высокие показатели наблюдались у трех дикорастущих видов – *L. linifolius*, *L. tuberosus*, *L. latifolius*. У возделываемой в культуре *L. sativus* содержание аскорбиновой кислоты было ниже. В изучаемом наборе было два образца чины посевной с содержанием аскорбиновой кислоты выше 60 мг/100 г, это – к-34 (Воронежская обл.), к-275 (Азербайджан) в оба года исследования (2012 – 99 и 88 мг/100 г; 2013 – 63 и 62 мг/100 г, соответственно). Образцы с высоким содержанием аскорбиновой кислоты можно рекомендовать для использования в практической селекции и в кормопроизводстве.

Хлорофиллы *a* и *b*. В наших опытах накопление хлорофиллов *a* и *b* в растениях сильно менялось в зависимости от года исследования и принадлежности образца к тому или иному виду (см. табл. 2). Содержание хлорофиллов варьировало от 55 мг/100 г (*L. sativus*) до 265 и 365 мг/100 г (*L. linifolius* и *L. latifolius* соответственно). В 2012 г. среднее значение хлорофиллов было 171 мг/100 г, в 2013 году – 108 мг/100 г. Самые высокие показатели были отмечены у чины льнолистной и широколистной. У чины посевной по высокому содержанию суммы хлорофиллов выделены три образца (к-75, Азербайджан; к-275, Азербайджан; к-889, Абиссиния) – источники повышенного содержания хлорофиллов (свыше 130 мг/100 г): в 2012 г. – 174, 175 и 178; в 2013 г. – 140, 130 и 144 мг/100 г соответственно.

Каротиноиды. Содержание каротиноидов в зеленой массе чины (см. табл. 2) изменялось от 10,6 (*L. sylvestris*) до 44,5 мг/100 г (*L. latifolius*). В 2012 г. среднее значение каротиноидов было 26,2 мг/100 г, 2013 г. – 19,6 мг/100 г. Лучшей по содержанию каротиноидов была чина широколиственная из Германии. Среди сортов чины посевной (во все годы исследования) выделились три образца (более 24 мг/100 г): к-273 (Азербайджан), к-275 (Азербайджан) и к-865 (Турция).

Каротины. По содержанию каротинов в траве чины также наблюдалась сильная изменчивость. Этот показатель колебался от 3,6 (*L. sativus*) до 30 мг/100 г (*L. latifolius*). Отмечалось также значительное влияние на накопление каротинов погодных условий. В 2012 г. среднее значение каротинов было 12,5 мг/100 г, 2013 г. – 7,5 мг/100 г. Стабильно высокие показатели суммарного содержания каротинов за два года показали образцы чины посевной (более 10 мг/100 г) к-51 (Афганистан) и к-865 (Турция).

В растениях каротины представлены смесью изомеров: α -, β -, γ -, δ -, ζ -каротинами. Из них только α -, β -, γ -каротины обладают биологической активностью, особенно β -каротин. Чина содержит примерно 6 мг/100 г β -каротина (диапазон изменчивости: 2,6–24,8) и около 4 мг/100 г α -каротина (диапазон изменчивости: 1,0–5,2). Следует отметить, что в зеленых культурах на долю β -каротина приходится от 80 до 100% от общего количества каротинов, в изученных образцах содержание β -каротина варьировало от 35 до 97%.

В чине содержание β -каротина изменялось в пределах от 2,6 (*L. sativus*) до 24,8 мг/100 г (*L. latifolius*). В 2012 г. среднее значение β -каротина было 7,6 мг/100 г, 2013 году – 4,8 мг/100 г. В проанализированных образцах чины посевной выделились образцы к-75 и к-275 (Азербайджана) с высоким содержанием β -каротина (более 5,7 мг/100 г). По содержанию каротинов, β -каротина, как и накоплению в зеленой массе каротиноидов, самыми высокими показателями отличалась чина широколиственная.

Фенольные соединения. Средний показатель фенольных соединений (ФС) в зеленой массе чины в 2012 г. составил 84,14 мг/100 г, диапазон изменчивости – от 4,45 до 199,39 мг/100 г). В 2013 г. среднее значение снизилось до 28,04 мг/100 г, а границы варьирования – до 13,23–53,45 мг/100 г. В 2012 г. самые высокие показатели содержания фенольных соединений в зеленой массе определены для образцов чины широколистной (132,44 мг/100 г), а самые низкие – для образцов чины клубненосной (6,42 мг/100 г). У образцов чины посевной, ч. лесной и ч. льнолистной среднее значение содержания ФС в зеленой массе 89,32, 78,01 и 71,59 мг/100 г соответственно, что ниже по сравнению с образцами чины широколистной. В зеленой массе чины весенней содержание ФС составило 28,74 мг/100 г, что выше по сравнению с образцами чины клубненосной, но ниже, чем у вышеописанных групп образцов. В 2013 г. показатели среднего содержания ФС в зеленой массе чины посевной и ч. лесной снизились до 29,03 и 19,80 мг/100 г. Из

сортов чины посевной выявлено четыре образца с содержанием фенольных соединений выше 35 мг/100 г: к-34 (Воронежская обл.), к-275 (Азербайджан), к-930 (Украина) и к-959 (Грузия) в оба года исследования (2012 г. – 140, 136, 133 и 129 мг/100 г; 2013 г. – 39, 35, 37 и 40 мг/100 г соответственно).

Заключение

Исследование *L. sativus*, *L. latifolius*, *L. linifolius*, *L. sylvestris*, *L. tuberosus*, *L. vernus* показало, что зеленая масса этих видов сбалансирована по содержанию аскорбиновой кислоты, хлорофиллов *a* и *b*, каротинов, каротиноидов, фенольных соединений и др. Высокие показатели по содержанию белка до 29,7% и биологически активным веществам в зеленой массе растений (аскорбиновая кислота от 39,0 до 133,0, хлорофиллы *a* и *b* от 55,5 до 365,5, каротиноиды от 10,6 до 44,5, каротины от 3,6 до 30,0, β -каротин от 2,6 до 24,8, фенольные соединения от 4,4 до 199,4, мг/100 г сырого вещества) свидетельствуют о кормовой ценности анализируемых *Lathyrus*. Самое высокое содержание биологически активных веществ найдено у *L. linifolius* и *L. latifolius*.

Приведенные выше данные показывают, что содержание биологически активных веществ у различных видов чины изменчиво и зависит как от принадлежности к таксону, генотипу, так, возможно, от условий возделывания. Поэтому при интродукционном и эколого-географическом изучении, при выведении новых сортов необходимо параллельно с другими хозяйственно ценными показателями учитывать биохимический состав.

Таким образом, среди исследованных нами чин встречаются виды, имеющие большой потенциал для использования в кормопроизводстве и в качестве источника биологически активных веществ. *L. sativus* и *L. sylvestris* могут применяться для улучшения природных и создания сеяных сенокосов и пастбищ, для производства высококачественного сена, зеленого корма, травяной муки и других кормов. *L. linifolius* и *L. latifolius* перспективны в качестве источника биологически активных веществ.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0013 «Развитие теоретических основ ботаники, филогении, систематики, генетики, физиологии, биохимии культурных растений и разработка традиционных и современных молекулярных методов оценки растительных ресурсов по признакам качества, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам и другим хозяйственно важным признакам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710370-0.

References/Литература

- Apostolidis E., Li L., Lee C., Seeram N.P. In vitro evaluation of phenolic-enriched maple syrup extracts for inhibition of carbohydrate hydrolyzing enzymes relevant to type 2 diabetes management // J. Funct. Foods, 2011, vol. 3, iss. 2, pp. 100–106. DOI: 10.1016/j.jff.2011.03.003.
- Burlyayeva M. O., Solovyeva A. E., Nikishkina M. A., Rasulova M. A., Zolotov S. V. Species of the genus *Lathyrus* L. from N. I. Vavilov Institute (VIR) collection – the source of initial material for high-protein forage varieties breeding / Legumes and Groat crops. Orel, 2012, no. 4, pp. 62–71 [in Russian] (Бурляева М. О., Соловьева А. Е., Никишкина М. А., Расулова М. А., Золотов С. В. Коллекция видов рода *Lathyrus* L. ВИР им. Н. И. Вавилова – источник исходного материала для селекции высокобелковых кормовых сортов чины / Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». Оrel, 2012. № 4. С. 62–71).

- Burlyayeva M. O., Solovyeva A. E., Sergeev E. A., Shchukina N. N., Sabitov A. S. Wild species of *Lathyrus* L. in VIR: collection, study and primary introduction // Abstracts IV Vavilov Intern. Conf. "N.I. Vavilov's ideas in the modern world", St Petersburg, 2017, pp. 111–112.
- Campbell C. G., Mehra R. B., Agrawal S. K., Chen Y. Z., Abd El Moneim A. M., Khawaja H. I. T., Yadov C. R., Tay J. U., Araya W. A. Current status and future strategy in breeding grass pea (*Lathyrus sativus*) // *Euphytica*, 1994, vol. 73, no. 1/2, pp. 167–175.
- Campbell C. G. Grass pea: *Lathyrus sativus* L. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome; Italy, 1997. 92 p.
- Chupakhina G. N. The ascorbic acid system of plants (Sistema askorbinovoj kisloty rastenij). Kaliningrad, 1997, 120 p. [in Russian] (Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений. Калининград, 1997. 120 с.).
- Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Jarosh N. P. et al. Methods of biochemical research in plants. (Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij). Leningrad: Agropromizdat, 1987. 430 p. [in Russian] (Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.).
- Girma A., Tefera B., Dadi L. Grass pea and neurolathyrism: farmers' perception on its consumption and protective measure in North Shewa, Ethiopia // *Food and Chemical Toxicology*, 2011, vol. 49, no. 3, pp. 668–672. DOI org/10.1016/j.fct.2010.08.040.
- Llorent-Martínez E. J., Ortega-Barralés P., Zenginc G., Mocande A., Simirgiotisf M. J., Ceylan C., Uysalc S., Aktumsek A. Evaluation of antioxidant potential, enzyme inhibition activity and phenolic profile of *Lathyrus cicera* and *Lathyrus digitatus*: Potential sources of bioactive compounds for the food industry // *Food and Chemical Toxicology*, vol. 107, pt B, 2017, pp. 609–619. DOI 10.1016/j.fct.2017.03.002.
- Piergianni A. R., Lupo F., Zaccardelli M. Environmental effect on yield, composition and technological seed traits of some Italian ecotypes of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) // *J. Sci. Food Agric.*, 2011, vol. 91, no. 1, pp. 122–129. DOI org/10.1002/jsfa.4161.
- Poland C., Faller T., Tisor L. Effect of chickling vetch (*Lathyrus sativus* L.) or alfalfa (*Medicago sativa*) hay in gestating ewe diets // *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 2003, vol. 3, pp. 38–40.
- Plant resources of the USSR. Flowering plants, their chemical composition, use. Volume 3. Families of Hydrangeaceae – Haloragaceae.* Leningrad: Nauka, 1987, 326 p. [in Russian] (Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Т. 3. Семейства Hydrangeaceae – Haloragaceae. Л.: Наука, 1987. 326 с.).
- Smirnova-Ikonnikova M. I. Chemical composition of grain legumes. (Himicheskij sostav zernovyh bobovyh kultur) // In: Grain legumes, Moscow, 1960, pp. 29–51. [in Russian] (Смирнова-Иконникова М. И. Химический состав зерновых бобовых культур // В кн.: Зерновые бобовые культуры. М., 1960. С. 29–51).
- Spanou C., Stagos D., Aliannis N., Kouretas D. Influence of potent antioxidant leguminosae family plant extracts on growth and antioxidant defense system of Hep 2 cancer cell line // *J. Med. Food*, 2010, vol. 13, no. 1, pp. 149–155. DOI 10.1089/jmf.2009.0058.
- Uriarte-Pueyo I., Calvo M. I. Flavonoids as acetylcholinesterase inhibitors // *Curr. Med. Chem.*, 2011, vol. 18, iss. 34, pp. 5289–5302. DOI 10.2174/092986711798184325.
- Vishnyakova M. A., Buravtseva T. A., Bulyntsev S. V., Burlyayeva M. O., Semenova E. V., Seferova I. V., Aleksandrova T. G., Jankov I. I., Egorova G. P., Gerasimova T. V., Drugova E. V. The collection of the world's genetic resources of grain legumes in VIR: replenishment, preservation and study. Methodological guidance directory. VIR (Kollekcija mirovyh geneticheskikh resursov zernovyh bobovyh VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie. Metodicheskie ukazaniya. VIR). St. Petersburg, 2010, 141 p. [in Russian] (Вишнякова М. А., Буравцева Т. А., Булынтцев С. В., Бурылева М. О., Семенова Е. В., Сеферова И. В., Александрова Т. Г., Янков И. И., Егорова Г. П., Герасимова Т. В., Другова Е. В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. СПб., 2010. 141 с.).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-167-178

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 633.854:575.12

**В. А. Гаврилова,
И. Н. Анисимова,
Т. Г. Ступникова**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: v.gavrilova@vir.nw.ru

Ключевые слова:

Подсолнечник, линии, генеалогия,
отечественные сорта, самоопыление

Поступление:

16.05.2018

Принято:

19.09.2018

ЛИНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОМАСЛИЧНЫХ СОРТОВ

Актуальность. Становление подсолнечника как масличной культуры произошло в России. Именно в нашей стране получены однокорзиночные продуктивные формы, изобретено промышленное получение масла, созданы первые сорта народной селекции, В. С. Пустовойтом и его учениками выявлены образцы с повышенной масличностью в семенах, созданы впервые в мире высокомасличные (50–60% масла в семенах) и высокоурожайные сорта ('Передовик', 'ВНИИМК 8883' и т. д.). Получены мутанты с измененным жирно-кислотным составом и на их основе создан высокоолеиновый сорт 'Первенец'. Сорта советской селекции легли в основу мировой селекции подсолнечника и в дальнейшем селекции промышленных гибридов с использованием эффекта гетерозиса. В статье показано генетическое разнообразие линий, родоначальниками которых явились отечественные сорта подсолнечника. Обсуждается генеалогия многих отечественных линий, а также американской линии HA89, которая служит стандартом при проведении селекционных испытаний и при генетических исследованиях. Представлены данные о линиях, созданных сотрудниками ВИР в филиале Кубанская опытная станция в период 1970–2015 гг., а также известные нам сведения зарубежных исследователей о линиях, полученных с использованием сортов отечественной селекции. **Материал и методы.** Линии создавали путем многократного самоопыления сортов и отбора в потомстве после каждого самоопыления по морфологическим признакам, ЦМС, способности восстанавливать фертильность пыльцы, длине вегетационного периода, устойчивости к ложной мучнистой росе. Как правило, линии были выровнены после 7–8-ми поколений от самоопыления. **Результаты и обсуждение.** Проанализирована информация о генеалогии 38 линий, созданных сотрудниками ВИР, 2 линий ВНИИМК, 16 линий зарубежной селекции, а также данные о происхождении источника ЦМС РЕТ1. Проведенный анализ генеалогии линий позволяет говорить о происхождении признаков высокой масличности и высокоолеиновости. Именно эти признаки отличают в первую очередь культурный подсолнечник от дикорастущих видов рода *Helianthus* L. Линии, созданные на основе одного и того же сорта, могут различаться по наличию диагностических маркеров гена *Rf1*, контролирующего восстановление фертильности пыльцы у форм с цитоплазматической мужской стерильностью, аллельным вариантам генов запасных белков и морфологическим признакам.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-167-178

ORIGINAL ARTICLE

V. A. Gavrilova,
I. N. Anisimova,
T. G. Stupnikova

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: v.gavrilova@vir.nw.ru

Key words:

Sunflower, lines, genealogy, domestic
varieties, self-pollination

Received:

16.05.2018

Accepted:

19.09.2018

SUNFLOWER LINES ORIGINATED FROM VARIETIES WITH HIGH OIL CONTENT IN THEIR SEED

Background. Sunflower as an oilseed crop originated from Russia. It was in this country that single-headed highly productive forms were obtained, industrial oil production was invented, first local varieties were developed, accessions with increased oil content in seeds were identified by V. S. Pustovoi and his associates, and the first high-yielding cultivars ('Peredovik', 'VNIIMK 8883') with high oil content in seeds (50–60%) were produced. Mutants with modified fatty acid composition were obtained, and high oleic cultivar 'Pervenets' was created. Soviet varieties formed the basis for the world's sunflower breeding, and further for breeding commercial hybrids using the effect of heterosis. In the article, the genetic diversity of lines originated from domestic varieties is demonstrated. The genealogy of many domestic lines and also of the American line HA89 which served as the reference in breeding trials and genetic experiments is discussed. The information on the lines developed by the researchers of VIR at Kuban Experiment Station in the years 1970-2015 as well as the available data of foreign researchers on the lines obtained from domestic varieties are presented. **Materials and methods.** The lines were developed using repeated self pollination of the varieties and selection by morphological characters, CMS, pollen fertility restoration ability, duration of the growing season, and downy mildew resistance in each inbred generation. As a rule, lines were homogeneous after 7–8 generations. **Results and discussion.** The information on the genealogy of 38 lines developed by the researches of VIR, two VNIIMK lines, 16 foreign lines, and also the data on the origin of the CMS PET1 source are analyzed. The genealogical overview of the lines has allowed us to draw a conclusion on the origin of the high oil content and high oleic content traits. It is these characters that in the first place distinguish cultivated sunflower from the wild species of the genus *Helianthus* L. Lines originated from one and the same variety can differ by the presence of diagnostic markers of the *Rf1* gene controlling pollen fertility restoration in forms with cytoplasmic male sterility, and also by allelic variants of storage protein genes and morphological characters.

Введение

Культурный подсолнечник произошел от дикорастущих представителей однолетнего вида *Helianthus annuus* L. Вероятно, предковые формы *H. annuus* были высокорослы, однокорзиночны (т. е. у них отсутствовало ветвление) или с незначительным верхним ветвлением, поскольку такое описание подходит к тем формам, семена которых были обнаружены при раскопках в ряде американских штатов, Мексике и Канаде. Предполагается, что семена подсолнечника использовались в пищу индейцами. Ирокезы добывали масло и использовали его в основном при приготовлении красок для ритуальных церемоний. На основании археологических раскопок предполагают, что используемые растения подсолнечника имели центральную более крупную корзинку (7,5 см в диаметре) и несколько мелких. Однако имеются свидетельства произрастания и неветвистых форм (Gilmor, 1919). В Европу подсолнечник был завезен в ботанический сад Испании в 1510 году после открытия Колумбом Америки и получил распространение как декоративное растение. Возделывание подсолнечника как масличной культуры началось в России после «промышленного добывания» масла, осуществленного Д. И. Бокаревым в 1861 г. в Воронежской области. Первые сорта подсолнечника ‘Маслянка’ (к-619), ‘Успенка’ (к-768) и другие содержали около 28–33% масла в семенах (Курсов, 1931). Создание высокомасличных сортов с содержанием масла в семенах 47–56% осуществлено В. С. Пустовойтом и его учениками (Morozov, 1964, Pustovojt, 1975). Отечественные высокомасличные сорта легли в основу мировой селекции подсолнечника, из них были получены линии для селекции на гетерозис как в России, так и в других странах, возделывающих подсолнечник. Некоторые из первых сортов сохранены в коллекции ВИР. Создание линий путем самоопыления сортов подсолнечника началось в нашей стране в 1930-е годы (Plachek, 1930). После открытия цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) (Leclercq, 1966, Anashchenko, 1968) и источника восстановления фертильности пыльцы (Kinman, 1970) созданием линий подсолнечника из сортов отечественной селекции занялись также в странах Восточной Европы и США (Friedt, 1992; Seiler, 1997). Многие линии были созданы на Кубанской опытной станции ВИР в Краснодарском крае А. В. Анащенко, В. Т. Рожковой, Ф. К. Виличку (Rozhkova et al., 1977), а затем и авторами статьи.

Анализ генеалогии линий позволяет представить, какими качествами может обладать тот или иной генотип, исходя из характеристик сорта или гибрида, явившихся его родоначальниками. Это особенно важно в современных условиях, когда при создании родительских линий гибридов селекционеры используют один и тот же исходный материал, что неизбежно приводит к элиминации ценных аллелей и обеднению генофонда. Если признаки были утрачены в процессе селекции линии, возвращаясь к ее истокам, можно их восстановить. В настоящей работе показано генетическое разнообразие линий, родоначальниками которых явились отечественные сорта подсолнечника.

Материал и методы

Для создания линий использовали сорта-популяции отечественной селекции, имеющиеся в коллекции ВИР, в генотипах которых встречались аллели самосовместимости, выявляемые при самоопылении. Выбирали сорта, обладающие устойчивостью к болезням: ‘Чернянка 35’ (к-1091), ‘Спутник’ (к-1755), ‘Прогресс’ (к-2233). Серия линий получена из высокомасличных сортов с содержанием 47–55% масла в семенах селекции Всероссийского (тогда

Всесоюзного) института масличных культур (ВНИИМК, г. Краснодар). Это сорта ‘ВНИИМК 6540’ (к-1872), ‘ВНИИМК 8883’ (к-1961), ‘ВНИИМК 8931’ (к-1942), а также сорта селекции Армавирской опытной станции ВНИИМК: ‘Армавирский 1813’ (к-1588), ‘Армавирский 3497’ (к-1960), ‘Армавирец’ (к-2116) и другие. Использован был высокомасличный сорт ‘Передовик’ (к-2051) селекции ВНИИМК, обладающий устойчивостью к болезням, повышенной урожайностью семян и повышенной пластичностью, т. е. способностью реализовывать свой наследственный потенциал в разных условиях. Все линии с высоким содержанием oleиновой кислоты в масле получены из сорта ‘Первенец’ (к-1798).

Инбредные линии получены путем многократного самоопыления сортов – популяций. В потомстве от самоопыления сорта происходил отбор генотипов, способных к самоопылению. После каждого самоопыления проводился отбор по выровненности по морфологическим признакам и признакам, важным в селекционном отношении: наклону корзинки, ее толщине, прикреплению к стеблю, продолжительности вегетационного периода. На первом этапе получали нерасщепляющиеся по морфологическим признакам автофертильные линии. Затем путем многократного беккроссирования источника ЦМС РЕТ1, полученного от Леклерка, создавали стерильный аналог линии. Линии высоких поколений инбридинга анализировались с привлечением методов анализа полиморфизма белков семян (Anisimova et al., 1991) и молекулярно-генетического анализа. В частности, молекулярные маркеры, специфичные для аберрантного митохондриального гена *orfH522* (Schnabel et al., 2008) и ядерного гена восстановления фертильности *Rf1* (Horn et al., 2003), использовались для определения типа цитоплазмона (фертильный-стерильный) линий, а также для выявления присутствия в их генотипах гена восстановления фертильности. Отбирая растения, несущие гены восстановления фертильности пыльцы с использованием парных скрещиваний, создавали линии-восстановители.

Результаты

Анализируя информацию, представленную Государственной комиссией по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур за 1958–1961 гг., можно установить генеалогию некоторых отечественных высокомасличных масличных сортов (рис. 1). В посевах местного подсолнечника, выращиваемого в бывшем Мариупольском округе Украинской ССР, были обнаружены растения с повышенным содержанием масла. Многократный индивидуальный отбор по признаку содержания масла, проводимый в бывшем Всесоюзном научно-исследовательском институте масличных и эфиромасличных культур, привел к созданию сорта ‘ВНИИМК 1646’, который был районирован в 1938 году. Содержание масла в семенах сорта ‘ВНИИМК 1646’ составляло 40–46% (Sorta rodsolnechnika, 1962). Этот сорт явился основой многих высокомасличных сортов, из него были выведены ‘ВНИИМК 1813’ (‘Армавирский 1813’), ‘ВНИИМК 6540’, ‘Армавирский 3497’. Последний был использован П. Леклерком (Leclercq, 1966) во Франции в качестве опылителя при скрещивании с *H. petiolaris* Nutt. В поколении ВС4 от скрещивания, выполненного в 1964 году, была обнаружена мужская стерильность (Christov, 1999), названная впоследствии ЦМС РЕТ1, до сего времени являющаяся основным источником стерильности для создания промышленных гибридов. От скрещивания сортов ‘ВНИИМК 1646’ и ‘ВНИИМК 1813’ получен сорт ‘ВНИИМК 6540’, явившийся в свою очередь родоначальником сорта ‘ВНИИМК 8883’ с содержанием масла в семенах от 38 до 45 процентов. В результате

гибридизации сортов ‘№ 5452’ и ‘ВНИИМК 6540’ и последующего отбора выведен сорт ‘ВНИИМК 8931’, масличность которого составляла 43–48%. Сорт ‘Передовик’ с масличностью 44–48% в семенах получен из межсортового гибрида ВНИИМК 8931 × № 6420.

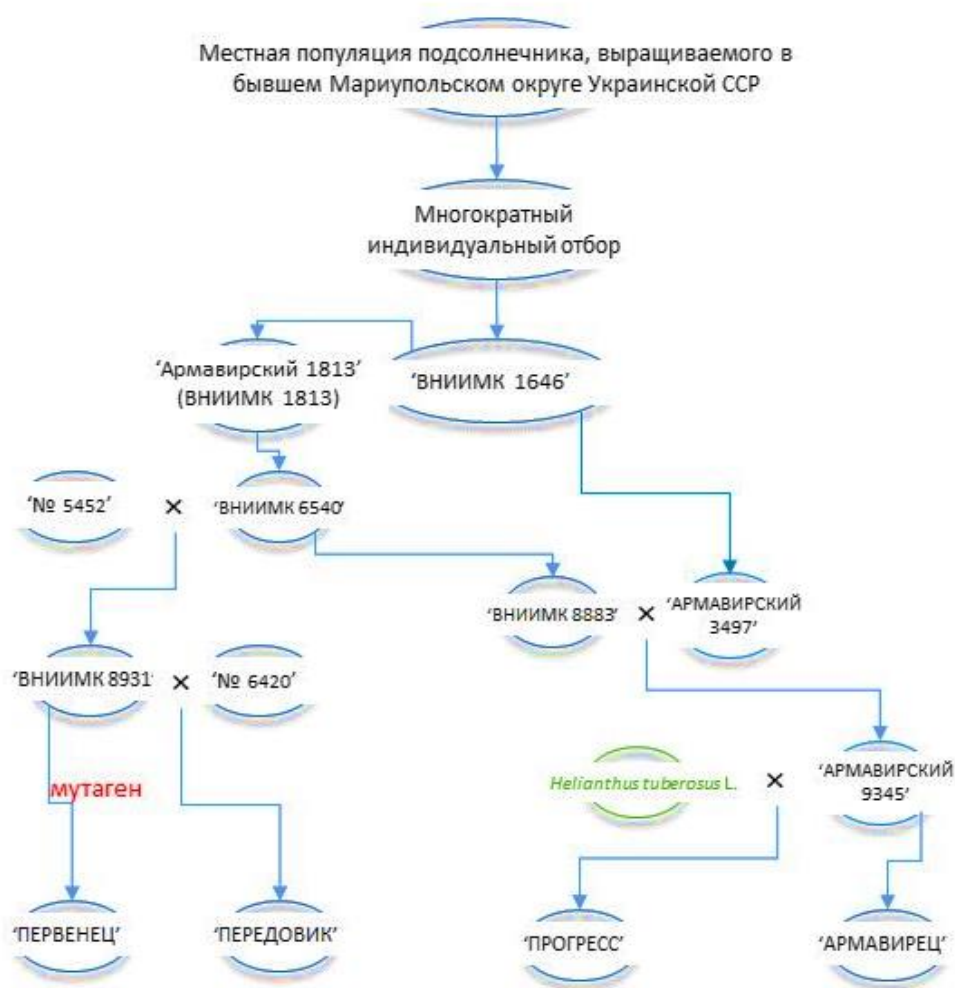


Рис. 1. Генеалогия некоторых высокомасличных сортов подсолнечника отечественной селекции

Fig. 1. The genealogy of some Russian sunflower varieties

В потомстве от самоопыления сортов происходит постепенное снижение высоты растения. После 5–8-ми поколений инбридинга высота растения остается стабильной, значительно ниже, чем у исходного сорта. Уменьшаются размеры листьев. Во втором и последующих поколениях после самоопыления наблюдается выщепление форм, отличающихся от фенотипа исходного сорта по ветвлению, окраске листовой пластинки, форме черешка и т. д.

Из отечественных сортов ‘Армавирский 1813’, ‘Чернянка’, ‘ВНИИМК 6540’, ‘ВНИИМК 8883’, ‘Юго-Восточный’, ‘Армавирский 3497’, ‘Прогресс’ и др. были получены первые линии, использованные затем в гетерозисной селекции: американская линия НА113 – из сорта ‘ВНИИМК 1646’, линии ВИР100, ВИР101, ВИР106 – из сорта ‘Армавирский 1813’, линия НА62 – из сорта ‘Армавирский

3497', линии ВК (ВК1, 3, 35, 36) – из сорта 'ВНИИМК 6540' и т. д. (Anazchenko, 1968; Anashchenko et al., 1992).

Линии, полученные на основе сорта 'ВНИИМК 8931'

Сорт 'ВНИИМК 8931' районированный в 1953 году (Sorta podsolnechnika, 1962), был устойчив к распространенным в то время расам заразихи и подсолнечной моли (панцирных семянок 97–100%), масличность семян составляет 43–48%, лужистость – 24–29%, масса 1000 семян 50–70 граммов. Из сорта 'ВНИИМК 8931' (рис. 2) канадскими селекционерами получена серия линий СМ (СМ303, 359, 361), а затем в США из линии СМ303 после скрещивания с источником ЦМС РЕТ выведена линия ЦМС НА89, которая является современным стандартом при селекции линий подсолнечника, а также при генетических исследованиях (Friedt, 1992). На основе линии НА89 получено множество ценных в селекционном отношении линий ЦМС НА (НА335, 336, 337, 338, 339), а также, после скрещивания с *H. argophyllus* Torr. & A. Gray, линий восстановителей фертильности на стерильной основе (RHA 340).

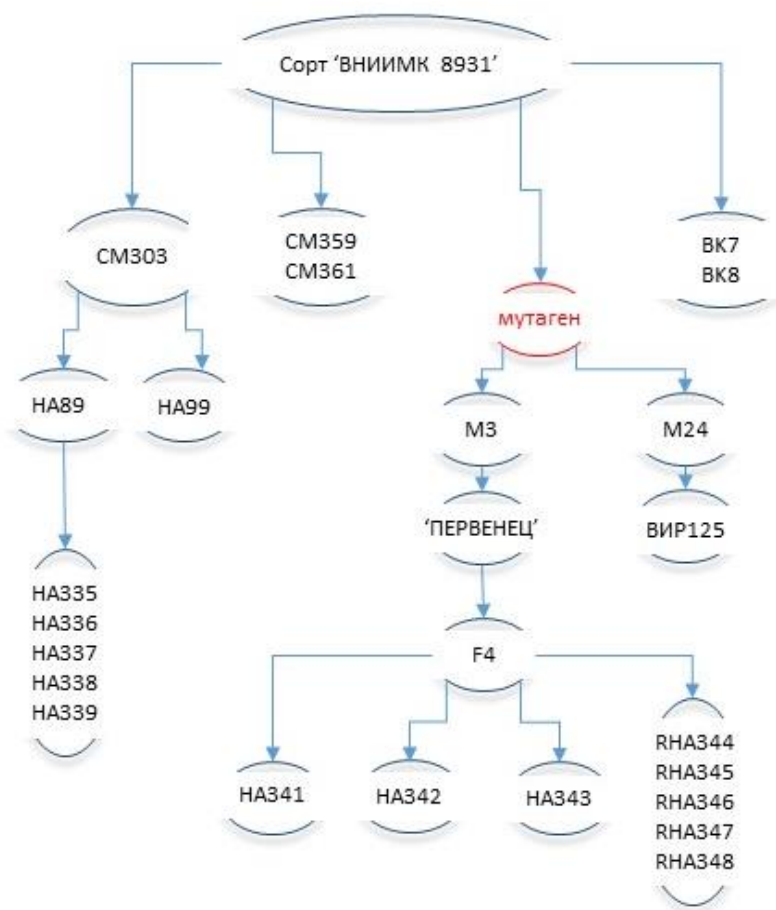


Рис. 2. Генеалогия линий, полученных на основе сорта 'ВНИИМК 8931'
Fig. 2. The genealogy of the lines obtained on the basis of the cultivar 'VNIIMK 8931'

В результате обработки семян сорта 'ВНИИМК 8931' раствором диметилсульфата К. И. Солдатовым в 1970 г. в институте масличных культур

(г. Краснодар) получена серия мутантов, которые отличались от исходного сорта высотой растения, продолжительностью вегетационного периода и жирнокислотным составом масла (Soldatov, 1976). В поколении М3 выделено мутантное растение с содержанием олеиновой кислоты 50,3%, тогда как содержание олеиновой кислоты у исходного сорта 'ВНИИМК 8931' около 30%. В потомстве мутанта содержание олеиновой кислоты в среднем составляло 72%. На основе этой популяции создан первый высокоолеиновый сорт 'Первенец' (см. рис. 1, 2). Олеиновая кислота препятствует окислению, и масло высокоолеиновых образцов остается стабильным долгое время, что важно для консервирования и технического использования при изготовлении лаков, красок. 'Первенец' – единственный источник признака высокоолеиновости в мире (Fernandez-Martinez et al., 1979). На базе этого сорта в США получены высокоолеиновые линии ЦМС НА341, 342, 343, линии-восстановители фертильности RHA344, 345, 346, 347, 348 и другие, производные от них линии (Friedt, 1992). Линия RHA345 чаще других используется в качестве отцовской формы при создании промышленных гибридов с 70%-ным содержанием олеиновой кислоты в масле. На основе других мутантных растений получены линии с измененными морфологическими признаками, например, линии ВИР125 (М24) и ВИР708. Жирнокислотный состав масла в семенах линий не изменен по сравнению с исходным сортом. Для линии ВИР125 характерно разделение стебля в средней его части на две равные половины с образованием двух равноценных корзинок. Признак этот проявляется примерно у 70% растений линии. Растения с двумя корзинками образуются в потомстве как однокорзиночных, так и двукорзиночных. Проявление признака зависит от внешних условий: в дождливые годы образуется больше растений с двумя корзинками, чем в засушливые. Линия ВИР708 отличается очень коротким черешком листа, настолько, что лист кажется сидячим. Все перечисленные признаки не характерны для растений сорта 'ВНИИМК 8931' и проявились в различных поколениях от самоопыления растений, обработанных мутагеном. Обе линии имеют фертильный тип цитоплазмона, но у линии ВИР125 выявлены SCAR-маркеры гена *Rfl*, восстанавливающего фертильность РЕТ1-типа, а у линии ВИР708 эти маркеры отсутствуют.

Линии, полученные на основе сорта 'Передовик'

Линии, полученные из сорта 'Передовик', отличаются между собой высотой растения и продолжительностью вегетационного периода и практически не отличаются морфологически.

На основе сорта 'Передовик' (рис. 3) получены линии ВИР: ВИР310, 311, 312, 313 (Gavrilova et al., 2014), линии ЦМС американской селекции: НА277, 289, 300, 301, 302, 821, 853, линии-восстановители фертильности RHA329, 330, 331, 332, 333, 334, линии канадской селекции СМ607 и СМ611 (Friedt, 1992). Все линии характеризуются стабильностью и хорошей продуктивностью. Интересно, что сорт 'Передовик' оказался источником генов восстановления фертильности пыльцы для ЦМС РЕТ1, в популяции сорта 'Передовик' отмечена высокая частота встречаемости генотипов, несущих молекулярные маркеры гена *Rfl* (78%) (Anisimova et al., 2011).

Линии, полученные на основе сорта подсолнечника 'Армавирский 1813'

Линии на основе сортов 'Чернянка', 'Прогресс', 'Спутник', 'Армавирский 1813' имеют значительные различия по морфологическим и хозяйственным признакам, при этом каждая линия фенотипически своеобразна (Anashchenko et al., 1992).

Линии отличаются размерами и формой черешка (короткий, удлиненный, эректоидный), размерами и окраской листовой пластинки. Линии ВИР100 – ВИР106 (рис. 4) не имеют ветвления, после многократных скрещиваний с источником ЦМС РЕТ1 переведены на стерильную основу и каждая линия существует в виде фертильного и стерильного аналогов.

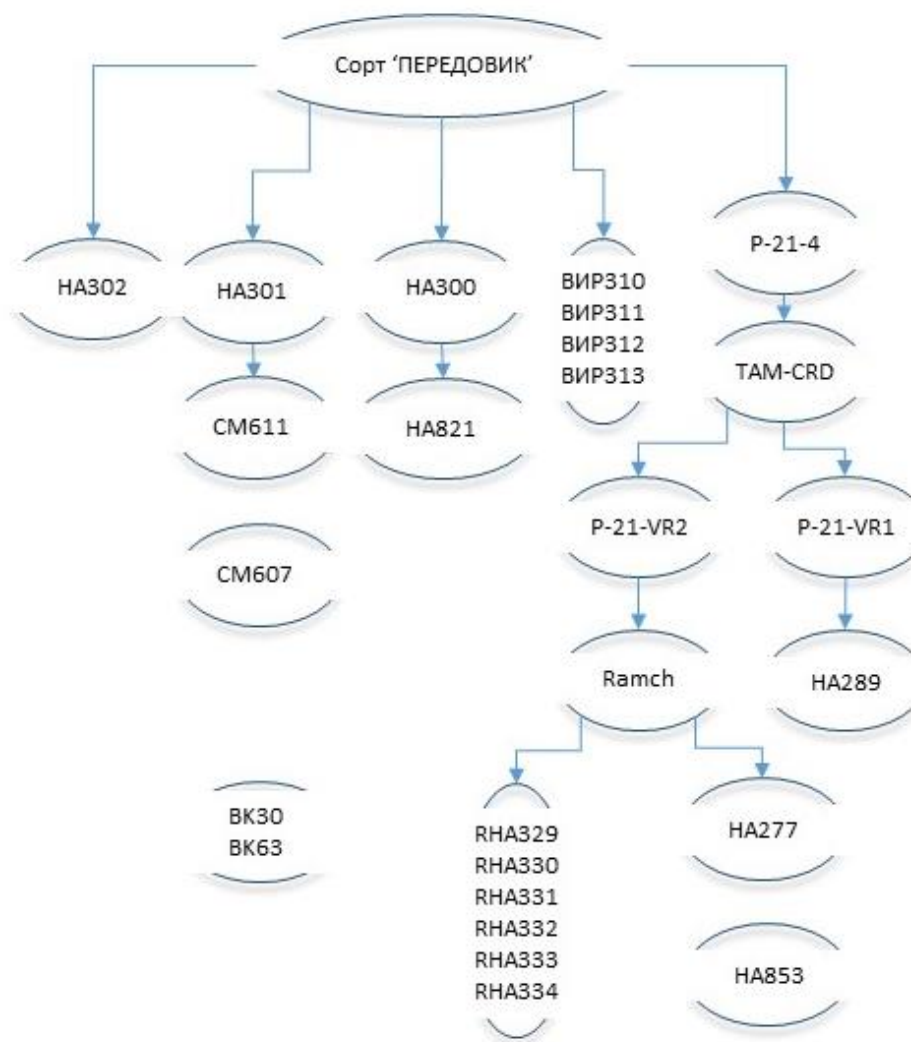


Рис. 3. Генеалогия линий, полученных на основе сорта 'Передовик'
Fig. 3. The genealogy of the lines obtained on the basis of the cultivar 'Peredovik'

Линии, полученные на основе сорта подсолнечника 'Прогресс'

Сорт 'Прогресс' создан на основе межвидового гибрида, полученного от скрещивания дикорастущего вида *H. tuberosus* L. с культурным подсолнечником Г. В. Пустовойт (Pustovojt, 1975). 'Прогресс' несет устойчивость ко многим болезням, поражающим подсолнечник, в том числе к ржавчине, ложной мучнистой росе (расам 2 и 5 возбудителя – согласно старой классификации рас) (Pustovojt, Krohin, 1978). Сорт 'Прогресс' является родоначальником многих линий селекции ВИР: (ВИР244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 285, 286, 287, 288, 365, 366, 411, 415, 737) (Gavrilova et al., 2014), а также линий американской селекции: DM1, DM2, DM3 (Friedt, 1992).

Генотип сорта ‘Прогресс’ хранит такой потенциал наследственной изменчивости, что все линии, полученные путем самоопыления сорта, фенотипически отличаются друг от друга (рис. 5).

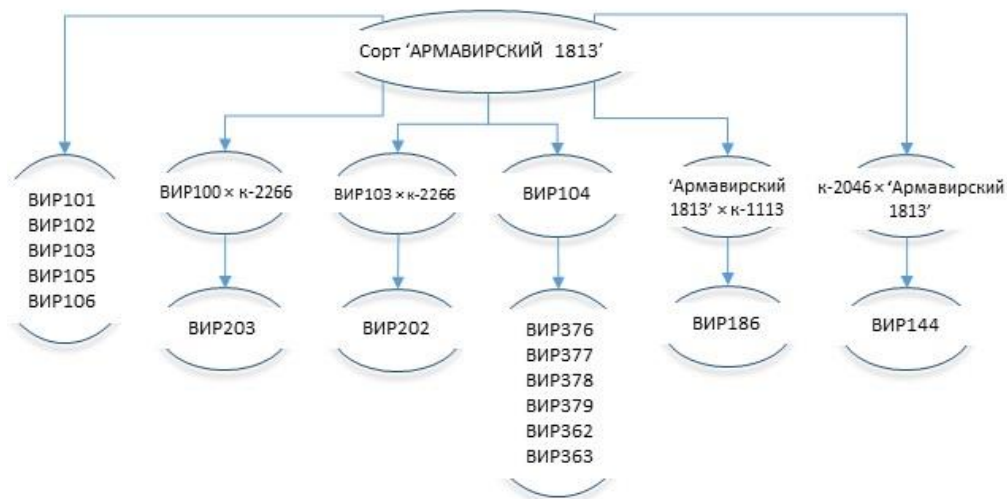


Рис. 4. Генеалогия линий, полученных на основе сорта ‘Армавирский 1813’
 Fig. 4. The genealogy of the lines obtained on the basis of the cultivar ‘Arnavirskii 1813’

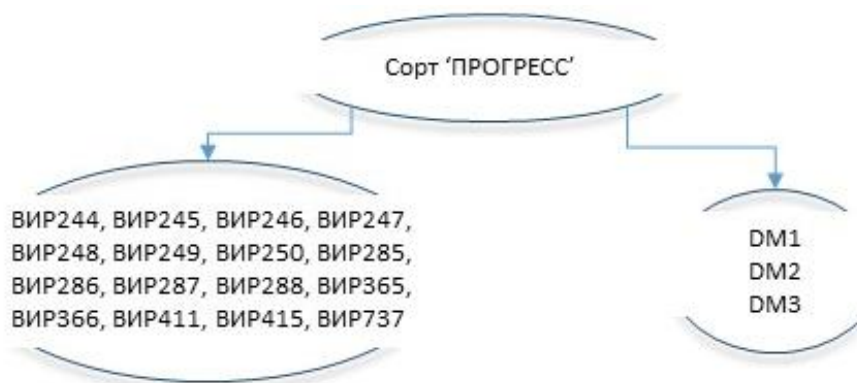


Рис. 5. Генеалогия линий, полученных на основе сорта ‘Прогресс’
 Fig. 5. The genealogy of the lines obtained on the basis of the cultivar ‘Progress’

Многие из них (но не все) устойчивы к ложной мучнистой росе, а линии ВИР247, ВИР249, ВИР365, ВИР415 показывают устойчивость не только к старым (выявленным до 1978 г.), но и к новым, появившимся на полях Российской Федерации в 90-е годы прошлого столетия, расам возбудителя болезни (№ 300, 700 и 710) и фомопсису одновременно (Antonova et al., 2011). Линии различаются по способности к восстановлению фертильности пыльцы ЦМС РЕТ1, что свидетельствует об их различиях по аллельному состоянию локуса *Rf1*. Для отдельных линий присутствие доминантного аллеля гена *Rf1*, восстанавливающего фертильность ЦМС РЕТ1, подтверждено с помощью молекулярных маркеров. В частности, у линий ВИР249 и ВИР365 с помощью STS-маркера *orfH522* идентифицирован стерильный (РЕТ1) тип цитоплазмы. Несмотря на то, что линия ВИР365 не имеет SCAR-маркеров HRG01 и HRG02, тесно сцепленных с геном *Rf1*,

присутствие доминантного аллеля гена в ее генотипе подтверждено результатами тест-скрещиваний и последующего гибридологического анализа. В то же время линия ВИР366, закреплявшая стерильность при скрещиваниях, имеет фертильный тип цитоплазмона, а маркеры гена *Rf1* у нее не обнаружены. Линия ВИР249 также является восстановителем фертильности пыльцы, характеризуется стерильным типом цитоплазмы и присутствием SCAR-маркеров гена *Rf1* в генотипе. Эти факты показывают, что, по крайней мере, при создании отдельных линий были использованы методы межлинейной гибридизации с привлечением линий с ЦМС РЕТ1 в качестве материнских форм. Об уникальности линий, полученных на основе сорта 'Прогресс', свидетельствуют и данные анализа полиморфизма белков семян. Так, линия ВИР365 несет уникальный аллель структурного гена богатого метионином альбумина SFA8 (Anisimova et al., 2003).

В последние (2000–2015) годы появились новые более агрессивные расы ложной мучнистой росы и цветкового растения – паразита подсолнечника – заразихи (*Orobanche cumana* Wallr.). Поиск генотипов подсолнечника, устойчивых к этим расам, чрезвычайно актуален. Для достижения этой цели необходимо использовать все доступные методы. В процессе создания селекционных линий необходима их предварительная оценка по устойчивости к болезням на естественном и искусственном фонах, а также использование методов маркер-вспомогательной селекции. Необходимо проводить и скрининг коллекции ВИР. Анализ генеалогии селекционных линий, изложенный нами, также будет полезен для решения проблемы устойчивости. Кроме того, необходимо отметить, что селекционеры традиционно работают со своим собственным исходным материалом, неохотно привлекая новый. Они получают новые селекционные линии путем самоопыления уже используемых гибридов. Это ведет к обеднению генетического разнообразия (Sivolap et al., 1998; Popov et al., 2001; Anisimova et al., 2009; Anisimova et al., 2011), уменьшению адаптивного потенциала гибридов и, как следствие – снижению устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам среды. И наоборот, разнородность родительских линий при высоком уровне гомозиготности каждой из них, способствует проявлению максимально возможного уровня гетерозиса. Иллюстрацией генетического разнообразия линий, созданных на основе отечественных сортов подсолнечника, являются результаты анализа полиморфизма запасного белка семян гелиантинина 11S глобулина. Современные сорта и селекционные линии характеризуются удивительной мономорфностью белка, в то время как отдельные линии, созданные на основе отечественных сортов, несут уникальные, не встречающиеся в селекционном материале, аллели структурных генов гелиантинина. Так, уникальные аллели гелиантинин-кодирующих генов обнаружены у ряда линий (RNA340, RNA345, CM44, ВИР104, ВИР130, ВИР131, ВИР302, ВИР369), в том числе и упоминаемых в настоящей работе (Anisimova et al., 2004).

Выводы

Представлены данные по генеалогии 46 российских и зарубежных линий. Благодаря анализу литературных сведений и собственных данных прослежено происхождения признаков высокой (свыше 50% масла в семенах) масличности, высокого содержания олеиновой кислоты в масле, устойчивости к ложной мучнистой росе и цитоплазматической мужской стерильности. Впервые высокомасличное растение было обнаружено в посеве местного подсолнечника, выращиваемого в бывшем Мариупольском округе Украинской ССР и с использованием многократного индивидуального отбора получен сорт 'ВНИИМК 1646', явившийся родоначальником большинства отечественных сортов, а затем и линий мировой селекции. Единственный источник

цитоплазматической мужской стерильности, активно используемый при создании промышленных гибридов подсолнечника (ЦМС РЕТ1), получен П. Леклерком во Франции при скрещивании *H. petiolaris* и высокомасличного сорта 'Армавирский 3497'. Эффективными источниками устойчивости к ложной мучнистой росе является сорт 'Прогресс' и линии, полученные на его основе. Источник высокого содержания олеиновой кислоты в масле (свыше 70%) – сорт 'Первенец' – создан на основе мутанта, полученного из высокомасличного сорта 'ВНИИМК 8883'. Все высокоолеиновые линии и гибриды в мировой практике имеют в своей генеалогии сорт 'Первенец'. Таким образом, следует признать, что вклад отечественных ученых и селекционеров в развитие гетерозисной селекции подсолнечника является основополагающим.

Мы надеемся, что наши данные по генеалогии будут полезны для понимания экспериментальных данных по молекулярному скринингу и секвенированию генома подсолнечника.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0018 «Разработка системного подхода к структурированию и формированию ex situ коллекций культурных растений, репрезентативных по видовому, сортовому и генетическому разнообразию, изучение внутривидовой наследственной изменчивости селекционно значимых признаков важнейших сельскохозяйственных культур и формированию признаковых и стержневых коллекций», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710373-1.

References/Литература

- Anashchenko A. V. Muzhskaya steril'nost' podsolnechnika (*Helianthus annuus*): avtoref. dis. kand. biol. nauk. L., 1968, 24 p. [in Russian] (Анащенко А. В. Мужская стерильность подсолнечника (*Helianthus annuus*): автореф. дис. канд. биол. наук. Л., 1968. 24 с.)
- Anashchenko A. V., Gavrilova V. A., Anisimova I. N., Rozhkova V. T., Smirnova N. G. Samoopylennye markirovannyye linii podsolnechnika/Katalog mirovoj kollekcii VIR. 1992. 26 p. [in Russian] (Анащенко А. В., Гаврилова В. А., Анисимова И. Н., Рожкова В. Т., Смирнова Н. Г. Самоопыленные маркированные линии подсолнечника / Каталог мировой коллекции ВИР. 1992. 26 с.)
- Anisimova I. N., Gavriljuk I. P., Konarev V. G. Identification of sunflower lines and varieties by helianthinin electrophoresis // Plant Varieties and Seeds, 1991, vol. 4, pp. 133–141.
- Anisimova I. N., Gavrilova V. A., Loskutov A. V., Rozhkova V. T., Tolmachev V. V. Polymorphism and inheritance of seed storage protein in sunflower // Rus. J. Gen., 2004, vol. 40, no. 9, pp. 995–1002. DOI: 10.1023/B:RUGE.0000041378.5180.06.
- Anisimova I. N., Konarev A. V., Gavrilova V. A., Rozhkova V. T., Fido R. J., Tatham A. S., Shewry P. R. Polymorphism and inheritance of methionine-rich 2S albumins in sunflower // Euphytica, 2003. vol. 129. no1. pp. 99–107. DOI: 10.1023/A:1021562712945.
- Anisimova I. N., Gavrilova V. A., Rozhkova V. T., Timofeeva G. I., Tikhonova M. A. Molecular markers in identification of pollen fertility restoration genes in sunflower // Russian Agricultural Sciences, 2009, vol. 35, no. 6, pp. 367–370. DOI: 10.3103/S1068367409060020.
- Anisimova I. N., Gavrilova V. A., Rozhkova V. A., Timofeeva G. I., Duca M. V. Genetic diversity of sources pollen fertility restoration genes in sunflower // Russian Agricultural Sciences, 2011, vol. 37, no. 3. pp. 6–11. DOI: 10.3103/S1068367411030025.
- Antonova T. S., Ivebor M. V., Rozhkova V. T., Araslanova N. P., Gavrilova V. A. Results of evaluation of accessions from the VIR sunflower collection for resistance to powdery mildew strains spread in the Krasnodar Territory // Bulletin of Applied Botany, Genetics and Breeding. 2011, vol. 167. pp. 90–95 [in Russian] (Антонова Т. С., Ивебор М. В., Рожкова В. Т., Арасланова Н. П., Гаврилова В. А. Результаты оценки образцов коллекции подсолнечника ВИР по устойчивости расам ложной мучнистой росы, распространенным в Краснодарском крае // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 167. С. 90–95.
- Christov M. Production of new CMS sources in sunflower // Helia, 1999, vol. 22, no. 31, pp. 1–12.
- Fernandes-Martines J., Jimenez A., Dominguez J., Garcia J., Garces R., Mancha M. Genetic analysis of the high oleic acid content in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.) // Euphytica, 1979, vol. 41. pp. 39–

51.

- Friedt W.* Present state and future prospects of biotechnology in sunflower breeding // *Field Crop Research*, 1992, vol. 30, pp. 425–442.
- Gavrilova V. A., Rozhkova V. T., Anisimova I. N.* Sunflower genetic collection at the Vavilov Institute of Plant Industry // *Helia*, 2014, vol. 37, no. 60, pp. 1–16. DOI: 10.1515/helia-2014-0001.
- Horn R., Kusterer B., Lazarescu E., Prufe M., Friedt W.* Molecular mapping of the *Rf1* gene restoring pollen fertility in PET1-based F1 hybrids in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // *Theor. Appl. Genet.*, 2003, vol. 106, pp. 599–606. DOI: 10.1007/s00122-002-1078-y.
- Курцов А. И.* Подсолнечник. Moscow ; Leningrad : Sel'hozgiz., 1931, 39 p. [in Russian] (*Курцов А. И.* Подсолнечник. М. ; Л. : Сельхозгиз, 1931, 39 с.).
- Kinman M. L.* New developments in the USDA and state experiment station sunflower breeding programs: Proc. 4th Int. Sunflower Conf.–Memphis, 1970, pp. 181–183.
- Leclercq P.* Une sterilité male utilisable pour la production de hybrides simples de tournesol // *Ann. Amélior. Plant.*, 1966, vol. 16, pp. 135–144.
- Morozov V. K.* Sputnik solnca. Saratov : Privolzhskoe knizhnoe izd-vo, 1964. 79 p. [in Russian] (*Морозов В. К.* Спутник солнца. Саратов : Приволжское книжное изд-во, 1964. 79 с.).
- Plachek E. M.* Formoobrazovatel'nye processy u podsolnechnika pod vliyaniem gibrizatsii i incuhta // *Trudy Vsesoyuz. s"ezda po genet., sel., semen. i plem. zhivotnovodstvu.* Leningrad, 1930, vol. 2 [in Russian] (*Плачек Е. М.* Формообразовательные процессы у подсолнечника под влиянием гибридизации и инцухта // Труды Всесоюз. съезда по ген., сел., сем. и плем. животноводству. Л., 1930. Т. 2).
- Pustovojt V. S.* Osnovnye napravleniya selekcionnoj raboty / *Podsolnechnik.* Moscow : Kolos, 1975, pp. 153–163 [in Russian] (*Пустовойт В. С.* Основные направления селекционной работы / Подсолнечник. М. : Колос, 1975. С. 153–163).
- Pustovojt G. V.* Selekcija podsolnechnika na gruppoj immunitet metodom mezhvidovoj gibrizatsii / *Podsolnechnik.* Moscow : Kolos, 1975. pp. 164–209. [in Russian] (*Пустовойт Г. В.* Селекция подсолнечника на групповой иммунитет методом межвидовой гибридизации / Подсолнечник. М. : Колос, 1975. С. 164–209).
- Pustovojt G. V., Krohin E. L.* Nasledovanie ustojchivosti k osnovnym patogenam u mezhvidovyh gibridov podsolnechnika // *Byull. nauch.-tekhnich. inform. po maslichnym kul'turam VNIIMK.* Krasnodar, 1978. pp. 40–44 [in Russian] (*Пустовойт Г. В., Крохин Е. Л.* Наследование устойчивости к основным патогенам у межвидовых гибридов подсолнечника // Бюлл. науч.–технич. информ. по масличным культурам ВНИИМК. Краснодар, 1978. С. 40–44).
- Popov V. N., Kirichenko V. V.* Ocenka geneticheskogo raznoobraziya i vzaimootnoshenij mezhdu liniyami podsolnechnika s ispol'zovaniem izofermentov i RAPD-markerov // *Trudy po fundamental'noj i prikladnoj genetike: k 100-letnemu yubileyu genetiki.* 2001. pp. 210–218 [in Russian] (*Попов В. Н., Кириченко В. В.* Оценка генетического разнообразия и взаимоотношений между линиями подсолнечника с использованием изоферментов и RAPD-маркеров // Труды по фундаментальной и прикладной генетике: к 100-летию юбилею генетики. 2001. С. 210–218).
- Rozhkova V. T., Anashchenko A. V.* Sozdanie samoopylennyh linij i geterozisnyh gibridov podsolnechnika na materiale mirovoj kollekcii // *Byull. Vses. in-ta rastenievodstva*, 1977, no. 69, pp. 53–55 [in Russian] (*Рожкова В. Т., Анащенко А. В.* Создание самоопыленных линий и гетерозисных гибридов подсолнечника на материале мировой коллекции // Бюлл. Всес. ин-та растениеводства. 1977. № 69. С. 53–55).
- Seiler G. J., Rieseberg L. H.* Germplasm resources of sunflower/Sunflower technology and Production, 1997, pp. 21–25.
- Schnabel U., Engelmann U., Horn R.* Development of markers for the use of the PEF1 cytoplasm in sunflower hybrid breeding // *Plant Breed.*, 2008, no. 6. pp. 541–652. DOI: 10.1111/1439-0523.2008.01516x.
- Soldatov K. I.* Ispol'zovanie himicheskogo mutageneza v selekcii podsolnechnika / *Materialy VII Mezhdunarodnoj konferencii po podsolnechniku.* Krasnodar, 1976. Moscow : Kolos, 1978, pp. 179–182 [in Russian] (*Солдатов К. И.* Использование химического мутагенеза в селекции подсолнечника / Материалы VII Международной конференции по подсолнечнику. Краснодар, 1976. М. Колос, 1978. С. 179–182).
- Sivolap Yu. N., Solodenko A. E., Burlov V. V.* RAPD-analiz molekulyarno-geneticheskogo polimorfizma podsolnechnika // *Genetika*, 1998, vol. 34, no. 2, pp. 266–271 [in Russian] (*Сиволан Ю. Н., Солоденко А. Е., Бурлов В. В.* RAPD-анализ молекулярно-генетического полиморфизма подсолнечника // Генетика. 1998. Т. 34, № 2. С. 266–271).
- Sorta podsolnechnika.* Rezul'taty gosudarstvennogo sortoispytaniya za 1958-1961 gg. Moscow : Izd-vo sel'skohozyajstvennoj literatury, zhurnalov i plakatov, 1962. 117 p. [in Russian] (*Сорта подсолнечника.* Результаты государственного сортоиспытания за 1958-1961 гг. М. : Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. 1962. 117 с.).

УДК 633.16:631.523

**И. А. Звейнек,
О. Н. Ковалева**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И.
Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: izv-spb1@mail.ru,
o.kovaleva@vir.nw.ru

Ключевые слова:

ячмень, скрининг,
нечувствительность к короткому
фотопериоду, ген *eam8*

Поступление:

03.09.2018

Принято:

19.09.2018

**СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ МЕСТНЫХ ЯЧМЕНЕЙ
НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ФОТОПЕРИОДУ**

Актуальность. Скороспелость ячменя является важным признаком для повышения урожайности данной культуры, особенно в зонах возделывания, где абиотические факторы являются определяющими. Работа посвящена выявлению гена *eam8* у местных образцов ячменя коллекции генетических ресурсов ВИР. Данное исследование позволит выделить источники слабой чувствительности к фотопериоду для использования в селекции.

Материалы и методы. В условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Федерального исследовательского центра Всероссийский Институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР, Санкт-Петербург) исследовано 1460 местных образцов ячменя из 26 стран с коротким световым периодом вегетации. Данные страны входят в пять центров разнообразия ячменя: Абиссинский, Переднеазиатский, Средиземноморский, Среднеазиатский, Новосветский. Эксперименты проводили в климатической камере THERMO 818 (3751). Семена ячменя высевали в кюветы с увлажненной ватой, которые после появления всходов помещали в камеру, где растения находились до стадии второго листа при 10-часовом фотопериоде и температурном режиме с низкой дневной (+8°C) и высокой ночной (+25°C) температурой. Маркерным признаком экспрессии гена *eam8* служила желтая окраска проростка. В качестве стандарта использовали два сорта – нечувствительный к фотопериоду сорт 'Mari Svalofs' (к-19354; var. *nutans* Schübl.; генотип *eam8eam8*) и реагирующий на короткий день сорт 'Белогорский' (к-22089; var. *pallidum* Ser., var. *ricotense* Regel; генотип *Eam8Eam8*).
Результаты и выводы. В результате фенотипического скрининга выборки образцов ячменя из 26 стран с коротким фотопериодом выявлено: 1379 форм с генотипом *Eam8Eam8* (чувствительных к короткому дню), 44 образца – с генотипом *eam8eam8* (нечувствительных к короткому фотопериоду) и 37 гетерогенных образцов. По частоте форм с геном *eam8* выделяются местные ячмени из Дагестана (15,9%). Кроме того, Переднеазиатский и Среднеазиатский центр разнообразия ячменя выделились по встречаемости местных образцов с рецессивным аллелем гена *Eam8*. Образцы с генотипом *eam8eam8*, а также гетерогенные формы могут служить источниками скороспелости в регионах с коротким световым днем. Поиск данных образцов для селекции коммерческих сортов ячменя следует проводить в странах с горным ландшафтом и коротким световым днем.

I. A. Zveynek,
O. N. Kovaleva

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: izv-spb1@mail.ru,
o.kovaleva@vir.nw.ru

Key words:

barley, screening, insensitivity to
short photoperiod, the *eam8* gene

Received:

03.09.2018

Accepted:

19.09.2018

SCREENING OF LOCAL BARLEY ACCESSIONS FOR SENSITIVITY TO PHOTOPERIOD

Background. Earliness of barley is an important trait for increasing the yield of this crop, especially in regions where abiotic factors are determinant. This work is dedicated to the identification of the *eam8* gene in local barley accessions from the VIR collection. It would be possible to find sources of weak sensitivity to photoperiod to be used in breeding practice. **Materials and methods.** In Pushkin and Pavlovsk Laboratories of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR, St. Petersburg), 1460 local barley accessions from 26 countries with a short photoperiod of vegetation were studied. These countries are included in five centers of barley diversity: the Abyssinian, the Near East, the Mediterranean, the Central Asian, and the New World. The experiments were performed in the THERMO 818 (3751) climate chamber. Barley seeds were planted in cuvettes with moistened cotton wool. After the emergence of shoots, they were placed in the climate chamber where the plants remained until the stage of the second leaf with the 10-hour photoperiod and the temperature regime of a low daytime (+8°C) and high nighttime (+25°C) temperatures. Yellow color of a plantlet was the marker for the expression of the *eam8* gene. Two varieties were used as references: 'Mari Svalofs' (k-19354; var. *nutans* Schübl.; Genotype *eam8eam8*) insensitive to photoperiod, and 'Belogorsky' (k-22089; var. *pallidum* Ser., var. *ricotense* Regel; Genotype *Eam8Eam8*) responding to a short day. **Results and conclusions.** Phenotypic screening of barley samples from 26 countries with a short photoperiod resulted in identification of 1379 forms with the *Eam8Eam8* genotype (sensitive to a short day), 44 accessions with the *eam8eam8* genotype (insensitive to a short photoperiod), and 37 heterogeneous accessions. Local barleys from Dagestan demonstrated the highest occurrence of forms with the *eam8* gene (15.9%). The Near East and Central Asian centers of barley diversity were notable for the occurrence of local accessions with the recessive allele of the *Eam8* gene. Accessions with the *eam8eam8* genotype and heterogeneous forms can serve as sources of earliness in regions with short-light days. In order to include such sources in commercial barley cultivar breeding programs, they should be searched for in countries with a mountainous landscape and a short photoperiod.

Введение

Одним из важных признаков в повышении урожайности ячменя является скороспелость, которая особенно актуальна в зонах возделывания, где абиотические факторы являются определяющими.

Время колошения у ячменя в основном контролируется тремя факторами: прежде всего это гены, контролирующие тип развития, нечувствительность к фотопериоду и собственно скороспелость.

Тип развития детерминируется тремя парами генов: *sh*, *Sh2* и *Sh3* (впоследствии обозначены как *VRN-H1*, *VRN-H2*, *VRN-H3*); любое сочетание этих генов ответственно за яровой тип развития. Озимый тип развития может быть при генотипе *ShShsh2sh2sh3sh3*, так как гены *Sh2* и *Sh3* эпистатичны доминантному аллелю *Sh*, а аллель *sh* имеет аналогичное влияние на рецессивные аллели озимого типа *sh2* и *sh3*. Гены *Sh*, *Sh2* и *Sh3* локализованы в хромосомах 4 (4Н), 7 (5Н) и 5 (1Н) соответственно (Takahashi, Yasuda, 1956).

D. A. Laurie с соавторами идентифицировали 5 главных генов и 8 локусов количественных признаков (quantitative trait loci – QTL), контролирующих время колошения у ячменя (Laurie et al., 1994; 1995). Среди них гены *Ppd-H1* и *Ppd-H2* (photoperiod response), локализованные в хромосомах 2 (2Н) и 5 (1Н) соответственно. Ген *Ppd-H1* контролирует межфазный период всходы-колошение у ячменя при длинном дне, второй ген *Ppd-H2* – при коротком. На фоне экспрессии генов, контролирующих тип развития и фотопериодическую реакцию растений, существенное влияние на скорость развития оказывали гены *eps*, контролирующие собственно скороспелость, или скороспелость *per se* (earliness *per se*).

Скороспелость и слабая чувствительность к фотопериоду контролируется также генами *Eam5*, *Eam6*, *eam7*, *eam8*, *eam9* и *eam10* (early maturity), локализованными соответственно в хромосомах 5Н, 2Н, 6Н, 1Н, 4Н и 3Н (Franckowiak, Lundqvist, 2012). S. Faure с соавторами (2007) показали, что ген *Eam8* является ячменным ортологом гена регулятора циркадных часов раннего цветения (*ELF 3*) *Arabidopsis thaliana* и продемонстрировали, что мутация *eam8* ускоряет переход от вегетативного к репродуктивному росту и развитию соцветия. Мутация *Eam8* приводит, вероятно, к образованию дефектного белка и, как следствие – нечувствительности растения к фотопериоду и раннему созреванию. К настоящему времени известно 87 мутантов, у которых идентифицировано 20 рецессивных аллелей. У мутантов найдены делеции, инверсии и замены нуклеотидов как в смысловой области гена, так и в интронах (Zakhrabekova et al., 2012). Широко используемые в селекции скороспелые нечувствительные к фотопериоду сорта ‘MaJa’ и ‘Maria’ являются индуцированными мутантами, полученными в 1941 г. и 1951 г. соответственно, а сорта ‘Kinai 5’, ‘Kagoshima Gold’ и ‘Русский ранний’ – естественными формами ячменя.

Японскими исследователями выявлено, что при 10-часовом фотопериоде и низкой дневной (+10°C) и высокой ночной (+20°C) температуре ген *eam8* (*ea_k*), плейотропно влияет на гены, контролирующие желтую окраску проростков ячменя (Yasuda, 1977). Данный факт может быть использован для скрининга коллекции ячменя на слабую чувствительность к фотопериоду. Ранее нами при фенотипическом скрининге местных образцов из Дагестана выделен источник слабой фотопериодической чувствительности – образец к-14891 (Zveynek et al., 2013). При анализе ДНК у растений этого образца обнаружили новую, ранее не описанную, мутацию в смысловой последовательности гена *eam8*, обусловленную делецией единичного нуклеотида (Abdulaev et. al., 2015).

Настоящая работа посвящена поиску местных форм ячменя, в генотипе которых присутствует ген *eam8*, контролирующей нечувствительность к фотопериоду. Выделенные образцы могут быть источниками скороспелости в зонах возделывания ячменя с коротким фотопериодом, а повышенная частота встречаемости форм с геном *eam8* среди образцов из определенных регионов могла бы послужить ориентиром для дальнейшего поиска источников слабой чувствительности к фотопериоду.

Материалы и методы

Экспериментальная работа выполнена в 2012–2017 гг. на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Всероссийского Института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова. В изучение было взято 1460 местных образцов ячменя из коллекции генетических ресурсов ВИР. В исследовании представлен материал из 26 стран и регионов с коротким световым периодом, расположенных ниже сороковой широты (табл. 1). В нашем изучении данные страны представлены пятью центрами разнообразия ячменя: Абиссинским, Переднеазиатским, Средиземноморским, Среднеазиатским и Новосветским.

Таблица 1. Происхождение изученных образцов ячменя
Table 1. Origin of the studied barley accessions

Происхождение	Изучено образцов	Число образцов с геном <i>eam8</i>	Встречаемость образцов с геном <i>eam8</i> , %
Россия (Дагестанская АР)	251	40	15,9
Грузия	69	4	5,8
Армения	71	8	11,3
Азербайджан	70	3	4,3
Узбекистан	48	1	2,1
Туркменистан	40	2	5
Таджикистан	61	4	6,6
Сирия	8	0	0
Ирак	5	0	0
Иран	37	5	13,5
Алжир	86	5	5,8
Ливия	5	0	0
Марокко	88	0	0
АРЕ	28	0	0
Эфиопия	213	3	1,4
Мексика	38	0	0
Аргентина	38	2	5,3
Боливия	107	0	0
Бразилия	2	0	0
Венесуэла	3	0	0
Гватемала	3	0	0
Колумбия	15	2	13,3
Перу	128	2	1,6
Уругвай	5	0	0
Чили	2	0	0
Эквадор	34	0	0
Итого:	1460	81	5,5

Эксперименты проводили в климатической камере THERMO 818 (3751), оборудованной дополнительной подсветкой люминесцентными лампами. Семена ячменя высевали в кюветы с увлажненной ватой, которые после появления всходов помещали в камеру, где растения находились до стадии второго листа при 10-часовом фотопериоде и температурном режиме с низкой дневной (+8°C) и высокой ночной (+25°C) температурой. При данных условиях наблюдали более четкую дифференциацию по окраске проростка, чем при описанных в публикации японских исследователей (Yasuda, 1977). Маркерным признаком экспрессии гена *eam8* служила желтая окраска проростка. В качестве стандарта использовали два сорта – нечувствительный к фотопериоду сорт ‘Mari Svalofs’ (к-19354; var. *nutans* Schübl.; генотип *eam8eam8*) и реагирующий на короткий день сорт ‘Белогорский’ (к-22089; var. *pallidum* Ser., var. *ricotense* Regel) (генотип *Eam8Eam8*).

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены результаты фенотипического скрининга выборок образцов ячменя из 26 стран, для которых характерен короткий фотопериод. Встречаемость местных образцов с рецессивным аллелем гена *Eam8* из представленной линейки стран разнообразна. Лимиты варьирования данного показателя – от 0 до 15,9%. На этом фоне заметно выделяются местные ячмени дагестанского происхождения с максимальным процентом встречаемости интересующих нас форм. Следует также отметить, что в выборках ячменя из стран кавказского региона встречаемость форм с геном *eam8* достаточно высока (4,3– 11,3%). В выборках образцов из Таджикистана, Ирана, Алжира, Аргентины и Колумбии фенотипический скрининг позволил выявить от 5,3 до 13,5% носителей аллеля *eam8*. Разочаровал тот факт, что среди достаточно представительной выборки ячменей Эфиопии лишь 1,4% образцов имеют аллель *eam8*. В выборках ячменя из других стран образцы с геном *eam8* не обнаружены (табл. 1).

В результате эксперимента выявили 1379 образцов ячменя с генотипом *Eam8Eam8*, то есть чувствительных к короткому дню, 44 образца – с генотипом *eam8eam8* (слабо чувствительных к короткому фотопериоду) и 37 гетерогенных образцов. Гетерогенные формы могли быть представлены растениями с генотипами *Eam8Eam8*, *Eam8eam8* и *eam8eam8* (табл. 2).

Таблица 2. Образцы ячменя – носители гена *eam8* (Пушкин, 2012–2017 гг.)
Table 2. Barley accessions with the *eam8* gene (Pushkin, 2012–2017)

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Образец	Разновидность	Аллельное состояние гена
1030	Дагестан	Местный	<i>pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
1067	”	”	<i>nigrum</i>	<i>eam8eam8</i>
3772	”	”	<i>nudum</i>	<i>eam8eam8</i>
10471	”	”	<i>intermedium, pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
14891	”	”	<i>nudum</i>	<i>eam8eam8</i>
14893	”	”	<i>nudideficiens</i>	<i>eam8eam8</i>
14894	”	”	<i>nudum</i>	<i>eam8eam8</i>
15008	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
15010	”	”	<i>viridi, nudum</i>	<i>Eam8 – , eam8eam8</i>
15015	”	”	<i>nudum</i>	<i>Eam8 – , eam8eam8</i>
15022	”	”	”	<i>eam8eam8</i>

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Образец	Разновидность	Аллельное состояние гена
15033	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
15034	”	”	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
15036	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
15184	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
15185	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
15240	”	Дагестанский 239	<i>pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
15242	”	Гибернакулум 2664	”	<i>eam8eam8</i>
16377	”	Местный	”	<i>eam8eam8</i>
17428	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
17429	”	”	<i>nudum</i>	<i>eam8eam8</i>
17431	”	”	<i>nutans, pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
17437	”	”	<i>nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
17907	”	”	<i>pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
17910	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
18025	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
18026	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
18149	”	У-21	”	<i>eam8eam8</i>
18178	”	Местный	<i>nutans, pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
18179	”	”	<i>nutans, ed. nudum</i>	<i>eam8eam8</i>
18180	”	”	<i>nutans, pallidum, ed. nudum</i>	<i>eam8eam8</i>
18186	”	”	<i>nutans, submedicum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
21756	”	”	<i>pallidum, viride, nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
21761	”	”	<i>pallidum, nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
21766	”	”	<i>nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
21780	”	”	”	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
21812	”	”	<i>nudum, viride, nudideficiens</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
23785	”	”	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
23834	”	”	”	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
26293	Дагестан	Местный	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
6150	Грузия	”	”	<i>eam8eam8</i>
6154	”	”	<i>nudum</i>	<i>eam8eam8</i>
17492	”	”	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
19074	”	”	<i>nutans, pallidum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
6504	Армения	”	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
6617	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
6619	”	”	”	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
6659	”	”	<i>medicum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
6661	”	”	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
6683	”	”	<i>nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
6685	”	”	<i>pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
6689	”	”	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
4686	Азербайджан	”	<i>pallidum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
19130	”	”	<i>nutans, medicum, pallidum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
19132	”	”	<i>nutans</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
9239	Узбекистан	”	<i>pallidum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
2893	Туркменистан	”	<i>nigripallidum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
3101	”	”	<i>pallidum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
3118	Таджикистан	”	<i>coeleste</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>
3139	”	”	<i>pallidum</i>	<i>Eam8 - , eam8eam8</i>

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Образец	Разновидность	Аллельное состояние гена
10859	”	”	<i>himalayense, coeleste</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
14932	”	”	<i>pallidum</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
2466	Иран	Fachambari abi.pheise	<i>pallidum, pyramidatum</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
3068	”	Местный	<i>pallidum</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
6772	”	Джоу-спок	”	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
16979	”	Местный	<i>nutans</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
17000	”	”	<i>pallidum</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
7508	Алжир	”	”	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
7510	”	Orge de pays	<i>nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
7516	”	Местный	<i>pallidum</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
7517	”	”	”	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
7518	”	”	”	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
3234	Эфиопия	”	”	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
3241	”	”	<i>nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
8691	”	”	<i>deficiens</i> , ед. <i>nutans</i>	<i>Eam8</i> –, <i>eam8eam8</i>
15967	Аргентина	Местный	<i>nutans</i>	<i>eam8eam8</i>
15968	”	”	”	<i>eam8eam8</i>
26344	Колумбия	Desconocida 74n/73B	<i>pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
26345	”	Войаса 2n/74A	<i>rikotense</i>	<i>eam8eam8</i>
23302	Перу	Heines 4 zeilige	<i>pallidum</i>	<i>eam8eam8</i>
30383	”	C.I. 11008 Lan	”	<i>eam8eam8</i>

Таблица 3. Распределение образцов с геном *eam8* по центрам разнообразия ячменя (Пушкин, 2012–2017 гг.)

Table 3. Distribution of the accessions with the *eam8* gene over the centers of barley diversity (Pushkin, 2012–2017)

Центры разнообразия	Изучено образцов	Число образцов с геном <i>eam8</i>	Встречаемость образцов с геном <i>eam8</i> , %
Абиссинский	213	3	1,4
Перднеазиатский	461	55	11,9
Средиземноморский	207	5	2,4
Среднеазиатский	199	12	5,8
Новосветский	375	6	1,6
Итого:	1460	81	5,5

Выделенные образцы ячменя с генотипом *eam8eam8* и гетерогенные формы могут представлять интерес как источники слабой чувствительности к короткому фотопериоду (см. табл. 2). В зонах возделывания ячменя, где короткий день является лимитирующим фактором и скороспелость важна как признак, обуславливающий пластичность и адаптивность сортов, данные формы могут быть вовлечены в селекционный процесс. Весьма примечателен тот факт, что на формирование признака нечувствительности к короткому дню, а в конечном итоге и продолжительности вегетационного периода у данных местных образцов, повлияли условия окружающей среды (генотипы данных образцов формировались в условиях короткого дня). На это указывает число выявленных форм, особенно из стран Кавказа, несущих в своем генотипе рецессивные аллели гена *Eam8* (табл. 3).

Изученные образцы из стран, представленных в таблице 1, сгруппировали по центрам разнообразия ячменя (Lukyanova et al., 1990). Необходимость выше

сказанного обусловлена несколькими причинами – подбор местных форм ячменя из стран с коротким световым днем, достаточно высокая выборка образцов из центров разнообразия ячменя, попытка изучить географическое распространение гена *eam8* в соответствии с центрами разнообразия данной культуры.

Как видно из таблицы 3, по представленности и встречаемости местных образцов ячменя с геном *eam8* выделяется Переднеазиатский центр разнообразия, далее следует Среднеазиатский центр. Представленность искомым форм в других центрах разнообразия ячменя заметно ниже. В наших опытах в странах, входящих в Переднеазиатский и Среднеазиатский центры разнообразия ячменя, преобладает горный ландшафт. Возможно, данный фактор повлиял на количество образцов ячменя, имеющих в своем генотипе рецессивный аллель гена *Eam8*. По географическому распространению образцы с геном *eam8* можно расположить следующим образом: Переднеазиатский центр > Среднеазиатский центр > Средиземноморский центр > Новосветский центр > Абиссинский центр. Формирование признака скороспелость у местных образцов ячменя в этих регионах происходит под влиянием короткого дня. Видимо, поиск нечувствительных к короткому фотопериоду форм с геном *eam8* следует проводить в странах и регионах с горной местностью ниже сороковой широты. Следует отметить, что скрининг местных образцов ячменя из коллекции генетических ресурсов ВИР на наличие гена *eam8* перспективен.

Заключение

В результате изучения 1460 форм местного ячменя рецессивный аллель гена *Eam8*, контролирующей слабую чувствительность к короткому фотопериоду, выявлен у 81 образца. Данные формы могут быть использованы в селекции скороспелых коммерческих сортов для регионов с коротким световым периодом. Переднеазиатский и Среднеазиатский центры разнообразия ячменя выделились по частоте образцов с геном *eam8*. Поиск слабо чувствительных к короткому фотопериоду форм с геном *eam8* следует проводить в странах с горным ландшафтом и коротким световым днем.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме по теме: № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710369-4.

References/Литература

- Abdullaev R. A., Alpatova N. V., Zveynek I. A., Koshkin V. A., Anisimova I. N., Radchenko E. E. Identification samples with *eam8* gene among Dagestan barley [in Russian] // Trudy Kubanskogo agrarnogo universiteta. 2015, no. 54, pp. 75–79 [in Russian] (Абдуллаев Р. А., Алпатьева Н. В., Звейнек И. А., Кошкин В. А., Анисимова И. Н., Радченко Е. Е. Идентификация носителей гена *eam8* среди Дагестанских ячменей // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 54. С. 75–79).
- Franckowiak J. D., Lundqvist U. Descriptions of barley genetics stocks for 2012 // Barley Genetics Newsletter, 2012, vol. 42, pp. 36–792.
- Faure S., Higgins J., Turner A., Laurie D. A. The FLOWERING LOCUS T-like gene family in barley (*Hordeum vulgare*) // Genetics, 2007, vol. 176, no. 1, pp. 599–609. DOI: 10.1534/genetics.106.069500.

- Laurie D. A., Pratchett N., Bezant J. H., Snape J. W. Genetic analysis of a photoperiod response gene on the short arm of chromosome 2(2H) of *Hordeum vulgare* (barley) // *Heredity*, 1994, vol. 72, no. 6, pp. 619–627. DOI:10.1038/hdy.1994.85
- Laurie D. A., Pratchett N., Bezant J. H., Snape J. W. RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter × spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross // *Genome*, 1995, vol. 38, no. 3, pp. 575–585. DOI: 10.1139/g95-074.
- Лукьянова М. В., Трофимовская А. Я., Гудкова Г. Н., Терентьева И. А., Ярош Н. П. Flora of cultivated plants. Vol. II, p. 2. Barley. Leningrad : Agropromizdat., 1990. 421 p. [in Russian] (Лукьянова М. В., Трофимовская А. Я., Гудкова Г. Н., Терентьева И. А., Ярош Н. П. Культурная флора СССР. Т. II, ч. 2. Ячмень. Л.: Агропромиздат, 1990. 421 с.).
- Takahashi R., Yasuda S. Genetic studies of spring and winter habit of growth in barley // *Ber. Ohara Inst.*, 1956, vol. 10, pp. 245–308.
- Zakhrabekova S., Gough S. P., Braumann I., Müller A. H., Lundqvist J., Ahmann K., Dockter C., Matyszczyk I., Kurowska M., Druka A., Waugh R., Graner A., Stein N., Steuernagel B., Lundqvist U., Hansson M. Induced mutations in circadian clock regulator *Mat-a* facilitated short-season adaptation and range extension in cultivated barley // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2012, vol. 109, no. 11, pp. 4326–4331.
- Zveinek I. A., Abdullaev R. A., Radchenko E. E., Kovaleva O. N., Batasheva B. A. Identification of the gene *eam8* from Dagestan barley local samples // *Problemy razvitiya APK regiona*. 2013, vol. 15, no. 3–15 (15), pp. 23–25 [in Russian] (Звейнек И. А., Абдуллаев Р. А., Радченко Е. Е., Ковалева О. Н., Баташева Б. А. Идентификация гена *eam8* у местных образцов ячменя из Дагестана // *Проблемы развития АПК региона*. 2013. Т. 15, № 3–15 (15). С. 23–25).
- Yasuda S. Linkage of the earliness gene *eak* and its pleiotropic effects under different growth conditions // *Berichte des Ohara Institutes für landwirtschaftliche Biologie. Okayama Universität*, 1977, vol. 17, pp. 15–28.

УДК 631.529:635.20

**Н. М. Зотева¹,
Ю. Тарваца²**

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: zotyeva@rambler.ru

² Институт биохимии и биофизики Польской Академии Наук, Pawlowskiego Street 5a, 02-106. Варшава, Польша

Ключевые слова:

картофель, виды, плоидность, скрещиваемость

Поступление:

19.06.2018

Принято:

19.09.2018

**МЕКСИКАНСКИЙ ВИД КАРТОФЕЛЯ
SOLANUM NEOANTIPOVICZII BUK. (= *S.
STOLONIFERUM* SCHLECHTD.) ИЗ
ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СЕРИИ
LONGIPEDICELLATA BUK. ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ**

Актуальность. Основываясь на классификации видов картофеля, опубликованной Д. Хоксом, в мире существует более 200 клубнеобразующих видов рода *Solanum* L. Многие из них обладают ценными свойствами, способными улучшить отдельные признаки у культивируемых сортов. Виды картофеля образуют полный полиплоидный ряд, который варьирует от 24 (диплоиды) до 72 (гексаплоиды) хромосом. Культивируемый вид *Solanum tuberosum* L. является тетраплоидом с числом хромосом $2n = 48$ и EBN (Endosperm Balance Number) = 4. Многие селекционные программы включают межвидовую гибридизацию, однако ряд видов до сих пор еще не использован в селекции. При гибридизации растений картофеля часто возникают трудности. Барьер скрещиваемости существует благодаря различию в числе хромосом и EBN у родительских видов. Актуальность исследования заключается в уточнении уровня плоидности растений образца *S. neoantipoviczii* к-8505, обладающего многими селекционно ценными признаками и его способности скрещиваться с другими видами. **Материал и методы.** Материалом служили образцы диких видов картофеля: *S. neoantipoviczii* Buk. (nan), *S. berthaultii* Hawk. (ber), *S. Ruiz-ceballosii* Card. (rzc), *S. kurtzianum* Bitt. et Wittm. (ktz), *S. papita* Rydb. (pta), *S. phureja* Juz. et Buk. (phu), *S. tuberosum* L. (tub) и оригинальный гибрид *S. microdontum* Bitt. × *S. tarijense* Hawk. (mcd × tar), различающиеся по числу хромосом и EBN (Endosperm Balance Number) и изученные нами ранее по ценным для селекции признакам. Подсчет хромосом производили в метафазах меристематических клеток корней *S. neoantipoviczii*, срезаемых с растений *in vitro*. Скрещивания проводили на декапетированных побегах материнских растений. **Результаты и выводы.** Растения образца *S. neoantipoviczii* к-8505, оказались в основном (87%) тетраплоидными ($4x$, $2n = 48$). Результативными были скрещивания с растениями образцов диких видов *S. berthaultii*, *S. kurtzianum*, *S. papita*, *S. Ruiz-ceballosii* и гибрида *S. microdontum* × *S. tarijense*, а также культурных видов *S. phureja* и *S. tuberosum*. Низкое число семян на одну ягоду (12,2) получено только в скрещиваниях с растениями вида *S. kurtzianum* и несколько большее (35,5) – с растениями *S. berthaultii*. В комбинациях скрещиваний с остальными видами их число составило от 50,4 до 106,6. Образец *S. neoantipoviczii* к-8505 может быть успешно использован в межвидовой гибридизации.

N. M. Zoteyeva¹,
Yu. Tarwacka²

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: zoteyeva@rambler.ru

²Institute of Biochemistry and Biophysics,
Polish Academy of Sciences, Pawinskiego
St. 5a, 02-106 Warsaw, Poland

Key words:

potato species, ploidy, crossability

Received:

19.06.2018

Accepted:

19.09.2018

THE MEXICAN POTATO SPECIES *SOLANUM NEOANTIPOVICZII* BUK. (= *S. STOLONIFERUM* SCHLECHTD.) FROM THE TAXONOMIC SERIES *LONGIPEDICELLATA* BUK. AND ITS USE IN INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION

Background. There are more than 200 tuber-bearing species in the genus *Solanum* L. Many of them possess valuable traits able to improve some characteristics in present-day potato cultivars. Wild potato species have formed an entire ploidy series ranging from diploid to hexaploid. Many wild species have not yet been used in potato breeding. A barrier exists in crosses due to differences in chromosome numbers and EBN of parental species. In our previous evaluation of the accession *S. neoantipoviczii* Buk. VIR k-8505 was found to be highly resistant to *Phytophthora infestans* and to tree strains of *Potato Virus Y* (PVY) conferring resistance through the gene *Ry_{sto}*. In J. Hawkes's monography this species is mentioned as synonymous to *S. stoloniferum* Schlechtd. Russian taxonomist S. M. Bukasov recognized it as an independent species. At the same time D. Correll hypothesized that this species is the hybrid between tetraploid *S. stoloniferum* and diploid *S. verrucosum* Schlechtd. We counted the chromosome number in thirty seedlings of the accession *S. neoantipoviczii* k-8505 and studied the crossability of this accession in combinations with several other species. **Material and methods.** The plants of the species: *S. neoantipoviczii* Buk (female parent), original hybrid *S. microdontum* Bitt. × *S. tarijense* Hawk., *S. berthaultii* Hawk., *S. ruiz-ceballosii* Card., *S. kurtzianum* Bitt. et Wittm., *S. papita* Rydb., *S. phureja* Juz. et Buk. and *S. tuberosum* L. (male parents) differing in chromosome numbers and previously studied for useful traits were included in hybridization. The chromosome counting was performed in meristem root cells, extracted from *in vitro* plants. Hybridization was performed using cut branches of female parents after bud decapitation. **Results and conclusions.** Plants of the accession *S. neoantipoviczii* k-8505 were basically found tetraploid. In the crosses of *S. neoantipoviczii* used as the female parent, seeds were obtained in combinations with the accessions of wild (*S. berthaultii*, *S. kurtzianum*, *S. papita*, *S. ruiz-ceballosii*, hybrid *S. microdontum* × *S. tarijense*) and cultivated (*S. phureja*, *S. tuberosum*) potato species. Low seed numbers were recorded in the crosses with *S. kurtzianum* and *S. berthaultii*. In crosses with the other species, the seed number varied from 50.4 to 106.6.

Введение

Дикие виды картофеля широко используются в селекции. Они несут гены многих ценных признаков, главным образом, устойчивости к болезням и вредителям, а также стрессовым факторам среды. Виды картофеля образуют полный полиплоидный ряд, который варьирует от 24 (диплоиды) до 72 (гексаплоиды) хромосом (Hawkes, 1992, Hijmans et al., 2007). При гибридизации растений картофеля часто возникают трудности (Hermsen, Sawicka 1979; S. Jansky 2006). Барьер для результирующей скрещиваемости существует из-за различия в числе хромосом и EBN у родительских видов. При гибридизации с использованием растений ряда диких видов возникают трудности получения гибридных семян и фертильного гибридного потомства. Аллотетраплоидные виды из серии *Longipedicellata* имеют число EBN 2, что приводит к трудностям в получении фертильного потомства от скрещиваний с ними.

В процессе таксономического анализа С. М. Букасовым параллельно с формированием коллекции образцов диких видов картофеля ВИР в конце 20-х годов прошлого столетия было описано несколько форм *Solanum stoloniferum* Schlecht., среди которых: *S. antipoviczii* Buk., *S. reddickii* Buk., *S. neoantipoviczii* Buk., *S. ajuscoense* Buk., *S. candellarianum* Buk., различающиеся деталями листьев и цветков, в частности, окраской венчика (Букасов, 1972). В последней опубликованной классификации видов картофеля *S. neoantipoviczii* не выделен ни в ранге вида, ни в ранге подвида (= *S. stoloniferum*) (Spooners et al., 2014).

Виды серии *Longipedicellata* являются носителями генов устойчивости к экономически значимым болезням картофеля – фитофторозу и вирусу Y (PVY). Данные из литературы, а также результаты полевого и лабораторного изучения, проведенного нами в разные годы на большом количестве материала, показывают, что растения *S. stoloniferum* обладают высокой устойчивостью листьев к *P. infestans* (Киселев, 1968; Зотеева, 2004; Darsow et al., 2002, Bradshaw et al., 2005). Устойчивость образцов *S. stoloniferum* к PVY, обеспечиваемая геном устойчивости *Ry_{sto}*, установлена многими исследователями (Valkonen, 1997; Kryszczuk et al., 2000). В наших предыдущих исследованиях у образца *S. neoantipoviczii* VIR к-8505 найдена высокая устойчивость к фитофторозу и к трем штаммам вируса картофеля Y (PVY) (Zoteyeva et al., 2012), обусловленная наличием гена *Ry_{sto}* (Zoteyeva et al., 2014) что указывает на его высокую селекционную ценность. Результаты изучения устойчивости к болезням образца *S. neoantipoviczii* к-8505 указывают на его высокую ценность. Этот образец может служить источником устойчивости для усиления у сортов картофеля устойчивости к фитофторозу и вирусу картофеля Y. Способность к скрещиванию растений *S. neoantipoviczii* с другими видами исследована нами впервые. В статье приведены данные изучения образца *S. neoantipoviczii* VIR к-8505 по числу хромосом и способности скрещиваться с растениями других видов с разным числом хромосом и EBN.

Материал и методы

Материалом служили образцы диких видов картофеля: *S. neoantipoviczii* (nan), *S. berthaultii* (ber), *S. ruiz-ceballosii* (rzc), *S. kurtzianum* (ktz), *S. papita* (pta), *S. phureja* (phu), *S. tuberosum* (tub) и оригинальный гибрид *S. microdontum* × *S. tarijense* (mcd × tar), различающиеся по числу хромосом и EBN (Endosperm Balance Number) и изученные нами ранее по ценным для селекции признакам.

Подсчет хромосом производили в метафазах меристематических клеток корней *S. neoantipoviczii*, срезанных с растений *in vitro* на 7–10 день после последнего пассажа. Верхушки корней в течение 3 часов обрабатывали 0,05% водным раствором колхицина для накопления метафазных пластинок и фиксировали свежеприготовленным раствором Карнуа в течение 48 часов при температуре 4°C. Фиксированную ткань выдерживали в течение 50 мин при 37°C в следующем растворе: 1% целлюлоза Onozuka R-10, 1% целлюлоза из *Aspergillus niger* (0,32 единицы/мг, Serva), 20% пектолизаза (0,70 единицы/мг, Serva) и 10 мМ лимонный буфер, pH 4,8. Препараты из раздавленных кончиков корней окрашивали DAPI и просматривали под флуоресцентным микроскопом, оборудованным камерой CCD и программой Analysis 3.0 фирмы Olympus.

Скрещивания проводили на декапетированных побегах материнских растений. Цветки материнских растений подвергали кастрации за 2 дня до опыления. Пыльцу собирали с растений мужских родительских форм. Высушенную пыльцу наносили на рыльца пестиков кастрированных цветков.

Результаты и обсуждение

Вид *S. neoantipoviczii* Buk. был описан С. М. Букасовым (1930) и помещен в таксономическую серию *Longipedicellata* Buk. Этот вид филогенетически тесно связан с тетраплоидным *S. stoloniferum* Schlecht. и в классификации Д. Хокса (Hawkes, 1990) указан как синоним *S. stoloniferum*. В то же время Д. Корелл (Corell, 1962) считает *S. neoantipoviczii* естественным гибридом *S. stoloniferum* с диплоидным *S. verrucosum* Schlecht. В связи с этими разногласиями и получением информации о ploидности данного образца, используемого нами в гибридизации с другими видами, представляется, что исследование числа хромосом у него весьма актуально.

Проведенный подсчет хромосом показал, что растения *S. neoantipoviczii* являются тетраплоидными. Число хромосом, подсчитанное в 30-ти образцах, было неодинаковым, с очевидным преобладанием тетраплоидных растений с 48-ю хромосомами (87% просмотренных метафаз; табл. 1). Типичный образец представлен на рисунке. В четырех метафазах (13%) число хромосом составило 24 и 36 (см. табл. 1).

Таблица 1. Подсчет хромосом в метафазах клеток корневой меристемы у образца мексиканского вида картофеля *Solanum neoantipovichii* Buk.
Table 1. Chromosome counting in root meristem of the Mexican potato species *Solanum neoantipovichii* Buk.

Образец	Исследовано метафазных пластинок [=100%]	Число хромосом	Число метафазных пластинок
<i>S. neoantipoviczii</i> к-8505	30	24	2
		36	2
		46–48	26 [87%]

В результате проведенных скрещиваний с образцами диких видов картофеля получены семена в комбинациях с растениями видов: *S. phureja* Juz. et Buk. 2x, 2n=24, *S. berthaultii* Hawk. 2x, 2EBN, *S. kurtzianum* Bitt. et Wittm. 2x, 2EBN, *S. papita* Rydb. 4x, 2EBN, *S. ruiz-ceballosii* Card. (2x, 2EBN), *S. tuberosum* (4x, 4EBN), а также оригинальным гибридом *S. microdontum* (2x, 2EBN) × *S. tarijense* (2x, 2EBN). В комбинациях скрещиваний *S. neoantipoviczii* с двумя разными образцами вида

S. kurtzianum отмечено низкое число гибридных семян. Комбинации скрещиваний различались между собой по среднему числу гибридных семян в 1 ягоде – 3,8 у к-12489 и 12,2 у к-12489. Небольшое число семян отмечено также в комбинациях скрещиваний с *S. berthaultii*. В комбинациях с образцами других видов число семян на 1 ягоду было достаточно высоким – от 50,4 до 106,6 (табл. 2).

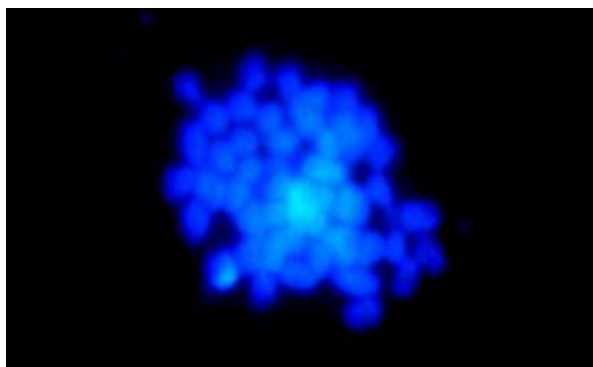


Рисунок. Метафазная пластинка образца мексиканского вида картофеля *Solanum neoantipovichii* Buk. ($2n = 48$)
Figure. Metaphase plate of an accession of the Mexican potato species *Solanum neoantipovichii* Buk. ($2n = 48$)

Таблица 2. Комбинации успешных скрещиваний *Solanum neoantipoviczii* с другими видами
Table 2. Combinations of the successful crosses between *Solanum neoantipoviczii* and other species

♀	Плоидность, EBN	♂	Плоидность, EBN	Число опыленных цветков	Среднее число семян на 1 ягоду
nan*	4x, 2EBN	ber	2x, 2EBN	15	35,5
nan	4x, 2EBN	ktz к-12488	2x, 2EBN	15	12,2
nan	4x, 2EBN	ktz к-12489	2x, 2EBN	10	3,8
nan	4x, 2EBN	pta	4x, 2EBN	20	101
nan	4x, 2EBN	rcb	2x, 2EBN	15	74,7
nan	4x, 2EBN	phu	2x, 2EBN	15	68,0
nan	4x, 2EBN	tub	4x, 4EBN	12	106,6
nan	4x, 2EBN	(mcd × tar)	2x, 2EBN × 2x, 2EBN	10	50,4

*Аббревиатура видов картофеля: nan = *S. neoantipoviczii*, ber = *S. berthaultii*, mcd = *S. microdontum*, tar = *S. tarijense*, rzc = *S. ruiz-ceballosii*, ktz = *S. kurtzianum*, pta = *S. papita*, phu = *S. phureja*, tub = *S. tuberosum*.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что скрещивания растений *S. neoantipoviczii* могут быть результативными как в комбинациях с диплоидными (*S. phureja*, *S. berthaultii*, *S. kurtzianum*, *S. ruiz-ceballosii*, *S. microdontum* × *S. tarijense*), так и тетраплоидными (*S. tuberosum*, *S. papita*) видами, обладающими различной плоидностью и числом EBN.

Работа выполнена при частичной поддержке в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИАР по теме № 0662-2018-0010 «Создание форм, линий, генетических источников и доноров новых эффективных генов и полигенов, контролируемых хозяйственно ценные признаки, а также выведение

сортов нового поколения с надежной генетической защитой от вредоносных болезней и вредителей, высокой продуктивностью и качеством продукции», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710365-6.

References/Литература

- Bukasov S. M.* The cultivated plants of Mexico, Guatemala and Colombia // Supplement 47-th to the Bulletin of Applied Botany, of Genetics and Plant Breeding, 1930, 307 p. [in Russian] (*Букасов С. М.* Возделываемые растения Мексики Гватемалы и Колумбии // Приложение 47 к Тр. по прикладной бот., ген. и сел. 1930. 307 с.).
- Bukasov S. M., Kateraz A. Ya.* In book "Potato breeding and seed science" // L., "Kolos" ed., 1972, 358 pp. [in Russian] (*Букасов С. М., Камераз А. Я.* // В кн. Селекция и семеноводство картофеля. Л. : изд. «Колос», 1972, 358 с.).
- Kiselev I. I.* Selection of basic material for late blight race specific potato breeding // Ph.D Thesis, Leningrad, VIR, 1968, 20 p. [in Russian] (*Киселев И. И.* Выделение исходного материала для селекции картофеля на устойчивость к специализированным расам фитофторы : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Л. : ВИР, 1968, 20 с.).
- Zoteyeva N. M., Chrzanowska M., Evstratova L. P., Fasulati S. R., Yusupov T. M.* Resistance of wild potato species accessions to diseases and pests // Catalogue of world VIR's collection, St. Petersburg : VIR, 2004, iss. 761, 88 p. [in Russian] (*Зотеева Н. М., Хжановска М., Евстратова Л. П., Фасулати С. Р., Юсупов Т. М.* Устойчивость образцов диких видов картофеля к болезням и вредителям // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб. : ВИР. 2004. Вып. 761. 88 с.).
- Correll D. S.* The potato and its wild relatives // Contributions from the Texas Research Foundation, Botanical Studies, 1962, pp. 1–606.
- Bradshaw John E., Ramsay Gavin.* Utilisation of the Commonwealth Potato Collection in potato breeding // Euphytica, 2005, vol. 146, pp. 9–19
- Darsow U.* Systematic prebreeding of potato for late blight resistance on tetraploid and diploid level // In: Abstr. 15h Trien. Conf. EAPR, Hamburg, Germany, 14-19 July, 2002, pp. 116.
- Douche, D. S., Maas D., Jastrzebski K. R., Chase R. W.* Assessment of potato breeding programs in the USA over the last century // Crop Sci., 1996, vol. 36, pp. 1544–1552.
- Hawkes J. G.* The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources // Belhaven Press, Oxford, 1990, 259 p.
- Hermesen J. G., E. Sawicka.* Incompatibility and incongruity in tuber-bearing *Solanum* species // In: J. C. Jellis and D. E. Richardson (Eds.), The Production of New Potato Varieties: Technological advances, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1979, pp. 172–185.
- Jansky S.* Overcoming hybridization barriers in potato // Review Plant Breeding, 2006, vol. 125, pp. 1–12.
- Kryszczuk A., Pakosinska M., Zoteyeva N., Lebecka R., Zimnoch-Guzowska E., Chrzanowska M.* Resistance to PVX and PVY in 49 accessions of 15 wild *Solanum* species from the VIR potato collection in St. Petersburg // EUCARPIA, Section Potatoes. Warsaw, Poland, July 3-7, 2000, p. 32.
- Scurrah M., Gamboa C., Chumbiauca C., Salas A., Visser R. G. F.* Hybridization between wild and cultivated potato species in the Peruvian Andes and biosafety implications for deployment of GM potatoes // Euphytica, 2008, vol. 164, pp. 881–892 DOI 10.1007/s10681-007-9641-x.
- Spooner D. M., Ghislain M., Simon R., Jansky S. H., Gavrilenko T.* Systematics, Diversity, Genetics, and Evolution of Wild and Cultivated Potatoes // Bot. Rev., 2014, vol. 80, pp. 283–383. DOI: 10.1007/s12229-014-9146-y.
- Valkonen J.* Novel resistances to four potyviruses in tuber-bearing potato species, and temperature-sensitive expression of hypersensitive resistance to potato virus // Annals of Applied Biology, 1997, vol. 130, pp. 91–104.
- Zoteyeva Nadezhda, Mirosława Chrzanowska, Bogdan Flis, Ewa Zimnoch-Guzowska.* Resistance to Pathogens of the Potato Accessions from the Collection of N. I. Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) // American Journal of Potato Research, 2012, vol. 89, pp. 277–293.
- Zoteyeva Nadezhda, Iieva Mezaka, Daiga Vilcāne, Ulrika Carlson-Nilsson, Ilze Skrabule, Nils Rostoks.* Assessment of genes *R1* and *R3* conferring resistance to late blight and of gene *Ry_{sto}* conferring resistance to *Potato Virus Y* in two wild species accessions and their hybrid progenies // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B, 2014, vol. 68, pp. 133–141. DOI: 10.2478/prolas-2014 - 0015.

УДК: 633.11: 581.132.2

Б. В. Ригин¹,
Е. В. Зув¹,
В. А. Тюнин²,
Е. Р. Шрейдер²,
З. С. Пыженкова¹,
И. И. Матвиенко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44 e-mail: riginbv@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Челябинская обл. Россия, e-mail: chniisx2@mail.ru

Ключевые слова:

пшеница, время колошения, скороспелость *per se*, гены *Ppd*, *Vrn*, *Eps*, реакция на яровизацию, фотопериодическая чувствительность, продуктивность, рекомбинанты

Поступление:

04.06.2018

Принято:

19.09.2018

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ФОРМ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ РАЗВИТИЯ

Актуальность. Селекция пшеницы в России, помимо формирования сортов с высокой адаптивностью, пластичностью и качеством, должна быть направлена также на создание более скороспелых сортов с оптимальной продолжительностью вегетационного периода, отражающего территориальные особенности окружающей среды. Важным является преодоление отрицательной корреляции между скороспелостью и продуктивностью. Целью работы был анализ особенностей генетических и физиологических механизмов скороспелости яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и возможности создания рекомбинантов с высокой скоростью развития и продуктивностью. **Материалы и методы.** Объектом исследований служили ультраскороспелые образцы яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.): Рико (к-65588), Фотон (к-55696), линии Фори (к-65589 ... к-65596), выделенные нами среди гибридов F₄ Рико × Фотон, линии Рифор, отобранные среди гибридов F₆₋₇ Рико × Forlani Roberto. Генетика скорости развития исследована с использованием гибридологического анализа и почти изогенных линий Triple Dirk. Фотопериодическая чувствительность определена в условиях 18-часового естественного и 12-часового короткого дня. Яровизация проведена в течение 30 дней при 3^oC. **Результаты и выводы.** Ультраскороспелые образцы яровой мягкой пшеницы: Рико, Фотон, линии Фори и линии Рифор 1, Рифор 6, Рифор 7 имеют самый короткий вегетационный период по сравнению с образцами коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Образцы также слабо чувствительны к фотопериоду и не реагируют на яровизацию. В различных экологических условиях не зафиксирована смена ранга исследованных ультраскороспелых форм по отношению к стандартным сортам пшеницы. Скорость развития ультраскороспелых образцов Рико, Фотон, Фори детерминирована, помимо гена *Eps*, также генами *Vrn- A1*, *Vrn- B1*, *Vrn- D1*, *Ppd- D1* и *Ppd- B1*. Возможно, ген *Eps*, определяющий ультраскороспелость *per se*, является блоком полигенов (модификаторов) с малым эффектом. Во всех F₂ исследованных 9 комбинациях скрещивания не было отмечено трансгрессий по скороспелости за пределы варьирования Рико. В Челябинском НИИСХ с использованием Фори 7 создан перспективный сорт 'Эритроспермум 25513', который в настоящее время проходит конкурсное сортоиспытание. Растения 'Forlani Roberto' очень позднеспелые, реагируют на яровизацию, фотопериод и в благоприятных условиях имеют продуктивный колос с 5-6 зерновками в колоске. Яровой тип развития 'Forlani Roberto' детерминирован доминантным геном *Vrn- B1*. Многозерность колоска продуктивных гибридов Рифор определяется двумя или тремя генами, и их экспрессия зависит от внешней среды. Выделены ультраскороспелые линии Рифор, у которых число зерен в колосе в полтора-два раза выше, чем у исходного образца Рико, однако по массе зерна с колоса несколько уступают стандартным сортам пшеницы. Урожай с 1 м² линий Рифор 1, Рифор 8, Рифор 6 и Рифор 7 достигает 81, 82, 84, 94% соответственно от урожая стандартного сорта 'Ленинградская 97'. Следовательно, показана возможность создания рекомбинантов пшеницы, сочетающих ультраскороспелость и высокую продуктивность колоса.

B. V. Rigin¹,
E. V. Zuev¹,
V. A. Tyunin²,
E. R. Shreyder²,
Z. S. Pyzhenkova¹,
I. I. Matvienko¹

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
 42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
 St. Petersburg, 190000, Russia,
 e-mail: riginbv@mail.ru

²Chelyabinsk Agricultural Research Institute, Chelyabinsk Province, Russia,
 e-mail: chniisx2@mail.ru

Key words:

wheat, inheritance, heading time, earliness *per se*, response to vernalization, photoperiodic sensitivity, *Ppd*, *Vrn*, *Eps* genes, productivity, recombinant

Received:

04.06.2018

Accepted:

19.09.2018

BREEDING AND GENETIC ASPECTS OF CREATING PRODUCTIVE FORMS OF FAST-DEVELOPING SPRING BREAD WHEAT

Background. In Russia, wheat breeding should also focus on creation of earlier-maturing varieties with an optimal duration of the vegetation period reflecting territorial environmental features. It is very important to overcome the negative correlation between the early maturity and productivity of wheat. The present work was aimed at analyzing special features of genetic and physiological mechanisms of early maturity in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and at determining possibilities of creating recombinants with high development rate and plant productivity.

Materials and methods. The study employed such ultra-early spring wheat accessions as 'Rico' (k-65588), 'Foton' (k-55696), 'Fori' lines (kk-65589 ... 65596) selected from F₄ hybrids of 'Foton' × 'Rico', and 'Rifor' lines selected from F₆₋₇ hybrids of 'Rico' × 'Forlani Roberto' (k-42641). Genetics of the development rate was studied using hybridological analysis and 'Triple Dirk' near isogenic lines. Photoperiodic sensitivity was evaluated under 18-hour (natural day) and at 12-hour (short day) conditions. Vernalization was performed within 30 days at 3°C. **Results and conclusion.** The ultra-early maturing accessions of spring wheat 'Rico', 'Foton', as well as 'Fori', 'Rifor 1', 'Rifor 6' and 'Rifor 7' lines had the shortest vegetation period in comparison with varieties from the VIR collection of plant genetic resources. These accessions had weak photoperiodic sensitivity and were insensitive to vernalization. The lines did not change their characteristics in different ecological conditions. Besides the *Eps* gene, *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*, *Ppd-D1* and *Ppd-B1* determined the rate of development of the ultra-early varieties 'Rico', 'Foton' and 'Fori'. Possibly, the *Eps* gene that controls ultra-earliness *per se*, is a set of polygenes (modifiers) with a low effect. No transgressive segregations in comparison with 'Rico' were recorded for the hybrids of the ultra-early 'Rico' with nine wheat varieties. A perspective cultivar 'Erythrospermum 25513' was created at the Chelyabinsk ARI with participation of 'Fori 7' line. 'Forlani Roberto' is a late variety, it responds to vernalization and photoperiod, and in good conditions its productive spike has 5-6 grains in the spikelet. The spring type of 'Forlani Roberto' is determined by the dominant gene *Vrn-B1*. The spikelet multi-seededness in productive 'Rifor' hybrids is determined by two or three genes and their expression depends on the environment. The selected ultra-early 'Rifor' lines have the number of grains per spike 1,5-2 times higher than in the parent line Rico, but the mass of grain per spike is below that of standard varieties. The yield per 1 m² of Rifor 1, Rifor 8, Rifor 6 and Rifor 7 lines reached 81, 82, 84 and 94%, respectively, in comparison with the standard variety 'Leningradskaya 97'. Therefore, a possibility of creating wheat recombinants that combine ultra-earliness and high spike productivity is demonstrated.

Введение

Селекция пшеницы в России, помимо формирования сортов с высокой адаптивностью, пластичностью и качеством, должна быть направлена также на создание более скороспелых сортов с оптимальной продолжительностью вегетационного периода, отражающего территориальные особенности окружающей среды.

В северных районах Европейской части РФ и Сибири из-за короткого безморозного периода растения пшеницы в полной мере не способны проявить свои потенциальные возможности и подвержены действию неблагоприятных факторов среды. Надо отметить, что и для других районов страны селекция на скороспелость является не менее важной. При этом крайне значимым является преодоление отрицательной корреляции между скороспелостью и продуктивностью.

Целью настоящей работы был анализ особенностей генетических и физиологических механизмов, определяющих скороспелость яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), а также возможность создания рекомбинантов, сочетающих высокую скорость развития и повышенную продуктивность.

Условия, материалы и методы

Опыты проведены в 2009–2016 гг. в двух пунктах: в условиях Северо-Запада России на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ПЛ ВИР) Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), и в условиях северной лесостепи предгорий Южного Урала в Челябинском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (ЧНИИСХ).

Территория ПЛ ВИР располагается в зоне избыточного увлажнения, количество осадков 550–850 мм в год. Лето прохладное, температура июля от +15 до +17,5°C. Продолжительность периода вегетации 150–170 суток. В районе Челябинского НИИСХ среднемноголетнее количество осадков за вегетационный период составляет 231 мм, ГТК равен 1,3. Для пшеницы часто складываются засушливые условия, редко оптимальные, а в 30% лет наблюдается переувлажнение. Избыточное увлажнение вызывает полегание посевов пшеницы и поражение их болезнями: бурой ржавчиной, истеканием семян и др.

Объектом исследований служили ультраскороспелые образцы яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.): Рико (к-65588), Фотон (к-55696), линии Фори (к-65589 ... к-65596), выделенные нами среди гибридов F₄ Рико × Фотон, линии Рифор, отобранные среди гибридов F₆₋₇ Рико × Forlani Roberto. В опыт был включен образец 'Forlani Roberto' (к-42641) как более продуктивная родительская форма. В качестве стандартов в ВИР использовали районированный сорт 'Ленинградская 97', в ЧНИИСХ – 'Челяба 2'.

Генетика скорости развития исследована с использованием гибридологического анализа и почти изогенных линии Triple Dirk, Фотопериодическая чувствительность определена в условиях 18-часового естественного и 12-часового короткого дня (Koshkin, 2012). Яровизация проведена в течение 30 дней при 3°C.

При анализе элементов структуры урожая вычисляли средние величины признаков и их доверительные интервалы, рассчитанные при 0,05 уровне значимости. Статистическая обработка оценочной базы данных и однофакторный

анализ выполнены с помощью программы Microsoft Excel 2010 и методических указаний (Zaytsev, 1984).

Результаты и обсуждение

В полевых условиях Северо-Запада России были выделены три группы образцов яровой мягкой пшеницы: ультраскороспелые образцы, когда период посев-колошение был меньше 52 дней, раннеспелые (52–59 дней) и среднеспелые (60–67 дней). Согласно нашим исследованиям (Koshkin, 2012) ультраскороспелые образцы яровой пшеницы обнаружены преимущественно среди сортимента субтропических и тропических стран Средиземноморского региона, Ближнего Востока, Средней Азии, Юго-Восточной Азии, Центральной и Южной Америки. Однако источники слабой фотопериодической чувствительности и скороспелости яровой мягкой пшеницы нами выделены и среди образцов северных стран (Канада и США), а также в России среди сортимента Северо-Запада Европейской части России и восточных районов Сибири. Подобные формы могут встречаться также среди сортимента пшеницы и в других районах как результат рекомбинации и целенаправленного отбора в процессе селекции.

Ультраскороспелый образец Рико (к-65588), линии Фори 1 ... Фори 8 (к- 65589 ... к-65596) и линии Рифор 1, Рифор 6, Рифор 7 имеют самый короткий вегетационный период по сравнению с образцами коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Они наименее чувствительные к 12-часовому фотопериоду и не реагируют на яровизацию. Однако впервые выявлено различие линий Фори по их реакции на 12- и 8-часовой фотопериод. Линии обладают стабильной продолжительностью периода до колошения в разных экологических средах. Не зафиксирована смена рангов по скорости развития по отношению к стандарту и другими скороспелым образцам пшеницы (Zuev et al., 2009).

По литературным сведениям, фотопериодическую реакцию растений мягкой пшеницы контролируют гены *Ppd-D1*, *Ppd-B1* и *Ppd-A1* (Snape et al. 2001; 2002). Реакция мягкой пшеницы на яровизацию (тип развития) обусловлена экспрессией генов *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1* и *Vrn-D4* (Goncharov, 2003). Аллели гена *Vrn-D1* могут влиять на проявление агрономических признаков (Ling-zhi Meng et al. 2016). Процессы яровизации возможны в семенах в незрелом состоянии на материнском растении (Kostiuchenko, Zarubailo, 1935).

Согласно нашим данным, реакция на яровизацию ультраскороспелых образцов Рико, линий Фори 1 ... 8 и 'Фотон' детерминирована тремя доминантными генами *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1* фотопериодическая чувствительность детерминирована генами *Ppd-D1* и *Ppd-B1* (Rigin, Pyzhenkova, 2011; Vrazhnov et al., 2012).

Наличие высоких темпов развития ультраскороспелых образцов обусловлена, помимо генов *Vrn* и *Ppd*, также экспрессией генов *Eps* (*earliness per se*), которые ответственны за проявление собственно скороспелости или скороспелости *per se* не только в вегетативную фазу, но и в ранний период репродуктивной, поэтому таких генов может быть много (Markus et al., 2008; Kamran et al., 2014), и их влияние может варьировать в зависимости от температуры и других факторов. Так, выявлено влияние факторов скороспелости *per se* на время цветения и созревание семян пшеницы (Kamran et al., 2013).

Таблица 1. Характеристика сорта Эритроспермум 25513 (ЧНИИСХ, 2016–2017 гг.)
Table 1. Characteristics of the variety Erithrospermum 25513 (Chelyabinsk ARI, 2016–2017)

Сорт, линия	Год	Урожайность, ц/га	Вегетационный период, дни	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Белок, %	Клейковина, %	Общая хлебопекарная оценка, балл
Эритроспермум 25513	2016	31,3	78	35,8	748	13,3	25,2	3,8
	2017	48,5	90	39,5	803	14,2	33,7	4,0
Челяба 2 (st)	2016	31,6	77	37,6	760	11,8	18,8	4,1
	2017	39,1	85	33,0	760	13,3	19,6	4,0
НСР 0,05	2016	2,8						
	2017	4,7						

Примечание: st – стандарт

Мы исследовали гибриды 9 комбинаций от скрещивания ультраскороспелого образца Рико с разными по скорости развития сортами пшеницы (Rigin, Ryzhenkova, 2011). Как оказалось, система *per se* Рико достоверно не экспрессировалась в фенотипах растений F₁ гибридов этих комбинаций. В F₂ соотношение группы растений, по скорости развития равной Рико, к остальным растениям не отличалось от теоретического 1:15 ($\chi^2 = 0,68-3,83$) или 1:63 ($\chi^2 = 0,01-0,21$). Среди F₂ гибридов от скрещивания образцов пшеницы с Рико не было отмечено трансгрессий по скороспелости за пределы варьирования этого ультраскороспелого образца. Возможно, ген *Eps*, определяющий ультраскороспелость *per se*-растений пшеницы, не представляет собой самостоятельную структурную единицу, а является блоком полигенов (модификаторов) с малым эффектом, определяющих непрерывную изменчивость и сцепленных с геном, который идентифицируется менделевскими методами (Rigin, Ryzhenkova, 2011).

В ЧНИИСХ после оценки на качество лучшие линии Фори 2, Фори 4, Фори 7 и Фори 8 были включены в простые и ступенчатые скрещивания с местными сортами пшеницы как источники скороспелости и слабой фотопериодической чувствительности. С участием линии Фори 7 создано шесть перспективных номеров, а также сорт 'Эритроспермум 25513' (табл. 1).

Сорт 'Эритроспермум 25513' в среднем за два года сформировал урожайность, достоверно превышающую стандартный сорт 'Челяба 2'. При этом он обладает более высокой устойчивостью к полеганию, повышенным содержанием белка и клейковины в зерне, комплексной устойчивостью к бурой (0 баллов) и стеблевой (1 балл) ржавчине, твердой головне (3,5%) при поражении стандарта соответственно на 4 балла, 3 балла и 12,7 %.

Одним из направлений селекции яровой пшеницы с высокой скоростью развития должно быть увеличение продуктивности колоса и, в частности, за счет повышения озерненности колоска.

С этой целью были получены гибриды от скрещивания ультраскороспелой линии Рико с образцом 'Forlani Roberto'. Согласно нашему анализу, контроль ярового типа развития этой формы обеспечен экспрессией доминантного гена *Vrn- B1*. Известна локализация гена *Vrn- B1* в геноме мягкой пшеницы (Chortee Tan, Liuling Yan, 2015). Растения 'Forlani Roberto' очень позднеспелые, реагируют на яровизацию, фотопериод и в благоприятных условиях имеют продуктивный колос с пятью-шестью зерновками в колоске.

Таблица 2. Фотопериодическая чувствительность и реакция на яровизацию линий Рифор (Пушкин, вегетационный опыт, 2016 г.)

Table 2. Photoperiodic sensitivity and vernalization response of Rifor lines (Pushkin, vegetation experiment, 2016)

Сорт, линия	Вариант	Период от появления первого листа до колошения, дней		Реакция на короткий день, дни
		длинный естественный день	короткий, 12-часовой день	
Рифор 1	без яровизации	31,9±0,10	34,1±0,37	2,2±0,38
	с яровизацией	32,8±0,36	34,6±0,31	1,8±0,46
Рифор 6	без яровизации	32,5±0,48	36,2±0,89	3,7±1,01
	с яровизацией	32,5±0,62	35,0±0,39	2,5±0,72
Рифор 7	без яровизации	31,7±0,21	34,5±0,27	2,8±0,33
	с яровизацией	31,0±0,27	33,6±0,16	2,6±0,31
Рифор 8	без яровизации	37,7±0,37	43,9±0,35	6,2±0,51
	с яровизацией	35,2±0,44	40,4±0,31	5,2±0,53
Рико	без яровизации	26,9±0,35	28,6±0,38	1,7±0,53
	с яровизацией	25, ±0,28	26,8±0,42	1,0±0,49
Фотон	без яровизации	33,9±0,31	35,4±0,54	1,5±0,62
	с яровизацией	31,4±0,52	33,1±0,18	1,7±0,54
Sonora 64	без яровизации	41,3±0,53	51,0±0,97	9,7±0,10
Ленинградская 97	без яровизации	42,4±0,58	72,5±0,33	30,1±0,66
Forlani Roberto	без яровизации	70,2±1,29	87,3±1,02	17,1±1,44
	с яровизацией	46,1±0,46	59,2±1,01	13,1±1,11

В течение семи поколений гибридов Рико × Forlani Roberto проводили отбор фенотипов с высоким темпом развития до колошения, равной скорости Рико, и высокими параметрами продуктивности. Выяснилось, что многозерность колоска продуктивных линий гибридов зависела от экспрессии двух или трех генов и влияния на их экспрессию условий внешней среды. В литературе отмечен случай контроля этого признака у мягкой пшеницы двумя доминантными генами и серией модификаторов (Sun, et al., 2009). Среди потомков F₇ гибридов Рико × Forlani Roberto выделены константные ультраскороспелые линии Рифор с хорошо

озерненным колосом и крупным зерном (масса 1000 зерен 45–50 г), значительно превышающие родительскую форму Рико, а по некоторым другим параметрам существенно не уступающие районированному сорту пшеницы.

Ультраскороспелые линии Рифор, как и Фори, на яровизацию не реагировали и также были самыми нечувствительными или слабо чувствительными к короткому 12-часовому дню по сравнению с другими образцами мягкой пшеницы Коллекции генетических ресурсов растений ВИР (Rigin, 2012) (табл. 2). В таблице 2 приведены сведения о фотопериодической чувствительности сорта ‘Sonora 64’ (к-45398), известного по литературе как один из самых скороспелых сортов пшеницы. Как оказалось, растения сорта ‘Sonora 64’ обладают значимой фотопериодической чувствительностью, а по скорости развития до колошения существенно уступают ультраскороспелым образцам как в условиях длинного, так и короткого фотопериода.

Линии Рифор по всем параметрам продуктивности колоса превосходят родительскую форму Рико (табл. 3).

Даже линии Рифор 1 и Рифор 7, незначительно уступающие Рико по скорости развития до колошения, превосходят ультраскороспелый образец Рико по всем исследованным элементам продуктивности и в том числе по количеству зерен в колосе и колоске, крупности зерна и массе зерна с 1 колоса. Выделены константные ультраскороспелые линии, у которых число зерен в колосе в 1,7 раза выше, чем у исходного образца Рико, однако по массе зерна с колоса в отдельные годы несколько уступают районированному сорту пшеницы ‘Ленинградская 97’. Интересно, что урожай зерна с 1 м² линий Рифор 1, Рифор 8, Рифор 6 и Рифор 7 в 2015 г. составлял 81, 82, 84, 94% соответственно от урожая стандартного сорта ‘Ленинградская 97’.

Линии Рифор относятся в основном к разновидности *erythroleucum* за исключением Рифор 8, разновидность которой *graecum*. Красная окраска колоса способствует ускоренному созреванию зерна, что важно для условий Сибири и Зауралья (Novokhatin, 2016).

Таблица 3. Элементы продуктивности колоса константных линий Рифор (Пушкин, полевой опыт, 2015 г.)
Table 3. Spike characteristics of constant Rifor lines (Pushkin, field experiment, 2015)

Сорт, линия	Период посева-колошение, дни	Главный колос				
		длина, см	число зерен, шт.	число зерен в колоске, шт.	масса 1000 зерен, г	масса зерна, г
Ленинградская 97	52,5±1,3	7,5±0,45	38±2,4	2,7±0,18	41,3±1,2	1,7±0,14
Рико	37,5±0,9	5,7±0,19	24±2,0	2,3±0,19	41,1±1,1	1,0±0,09
Рифор 1	39,3±0,7	6,6±0,18	33±1,6	3,0±0,15	55,1±1,3	1,8±0,11
Рифор 6	42,3±1,1	6,1±0,19	34±2,2	2,8±0,14	50,5±1,8	1,7±0,14
Рифор 7	41,4±0,7	5,9±0,14	33±1,9	2,9±0,14	49,6±1,4	1,6±0,11
Рифор 8	44,5±1,9	7,6±0,37	30±1,6	2,5±0,11	59,5±2,2	1,8±0,13

Заключение

Созданы новые ультраскороспелые формы яровой мягкой пшеницы (*Triticum L.*): Фори (к-65589 ... к-65596) и линии Рифор. Образцы Фори и Рифор 1, 6, 7 имеют самый короткий вегетационный период по сравнению с образцами коллекции генетических ресурсов растений ВИР, слабо чувствительны к фотопериоду и не реагируют на яровизацию. Скорость развития ультраскороспелых образцов Рико, Фотон, Фори детерминирована помимо гена *Eps*, также генами *Vrn- A1*, *Vrn- B1*, *Vrn- D1*, *Ppd- D1* и Возможно ген *Eps*, определяющий ультраскороспелость *per se* является блоком полигенов с малым эффектом. Среди F₂ гибридов от скрещивания 9 разных образцов пшеницы с Рико не было отмечено трансгрессий по скороспелости за пределы варьирования этого ультраскороспелого образца. В Челябинском НИИСХ с использованием ультраскороспелой формы Фори 7 создан перспективный сорт 'Эритроспермум 25513'. Показана возможность выделения рекомбинантов яровой мягкой пшеницы, сочетающих ультраскороспелость и сравнительно высокую продуктивность колоса и преодоления отрицательной связи между скороспелостью и продуктивностью.

Выше приведенная информация будет способствовать разработке новых подходов к созданию ценного материала для селекции пшеницы на скороспелость по параметрам продуктивности, существенно не уступающие районированным сортам пшеницы.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0003 «Идентификация и картирование генофонда важнейших сельскохозяйственных культур, формирование генетических коллекций с ценными для селекции аллелями генов и локусами количественных признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710366-3.

References/Литература

- Chortee Tan, Liuling Yan. Duplicated, deleted and translocated VRN2 genes in hexaploid wheat // Euphytica, 2015, vol. 208, pp. 277–284. DOI 10.1007/s10681-015-1589-7.
- Goncharov N. P. Comparative genetics of wheats and their related species. Ed. chief prof. V. K. Shumny. Novosibirsk : Sibirskoje univer. Isdatelstvo, 2002, 251 p. [in Russian] (Гончаров Н. П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей. Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. 251 с.).
- Goncharov N. P. Genetics of growth habit (spring vs. winter) in common wheat: confirmation of the existence of dominant gene *Vrn4* // Theor. Appl. Genet., 2003, vol. 107, pp. 768–772.
- Kamran A., Iqbal M., Navabi A., Randhawa H., Pozniak C., Spaner D. Earliness *per se* QTLs and their interaction with the photoperiod insensitive allele *Ppd-D1a* in the Cutler 3 AC Barrie spring wheat population // Theor Appl. Genet., 2013, vol. 126, pp. 1965–1976. DOI 10.1007/s00122-013-2110-0.
- Kamran A., Iqbal M., Spaner D. Flowering time in wheat (*Triticum aestivum* L.): a key factor for global adaptability // Euphytica, 2014, vol. 197 pp. 1–26. DOI 10.1007/s10681-014-1075-7.
- Koshkin V. A. Methodical approaches of diagnosis of photoperiodical sensitivity and earliness of plants // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2012, vol. 170, pp. 118–129 [in Russian] (Кошкин В. А. Методические подходы в диагностике фотопериодической чувствительности и скороспелости растений // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 118–129).
- Kostiuchenko I. A., Zarubailo T. Ya. Natural vernalization of grain on the plant at maturity // Selection and seed production – Selektia i semenovodstvo. 1935, no. 3 (11), pp. 39–42 [in Russian] (Костюченко И. А., Зарубайло Т. Я. Естественная яровизация зерна на растении в период созревания // Селекция и семеноводство. 1935. № 3 (11). С. 39–42.

- Ling-zhi Meng, Hong-wei Liu, Li Yang, Chun-yan Mai, Li-qiang Yu, Hong-jie Li, Hong-jun Zhang, Yang Zhou. Effects of the *Vrn-D1b* allele associated with facultative regrowth habit on agronomic traits in common wheat // *Euphytica*. 2016, no. 211, pp. 113–122. DOI 10.1007/s10681-016-1747-6.
- Markus Herndl, White Jeffrey W., Hunt L.A., Graeff Simone, Claupein Wilhelm. The impact of vernalization requirement, photoperiod sensitivity and earliness *per se* on grain protein content of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Euphytica*, 2008, vol. 163, pp. 309–320. DOI 10.1007/s10681-008-9671-z.
- Novokhatin V. V. The theoretical justification of intensive genetic potential of the varieties of soft wheat // *Selskohoziastvennaja biologija*, 2016, vol. 51, no. 5, pp. 627–635 [in Russian] (Новохатин В. В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 627–635. DOI 10.15389.
- Rigin B. V. Spring type of common wheat (*Triticum aestivum* L.) development: phenological and genetically aspects // *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2012, vol. 170, pp. 17–33 [in Russian] (Ригин Б. В. Яровой тип развития мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.): фенологический и генетический аспекты // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 17–33).
- Rigin B. V., Pyzhenkova Z. S. Genes controlling vernalization response and earliness *per se* of ultra earliness forms of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2011, vol. 168, pp. 39–49 [in Russian] (Ригин Б. В., Пыженкова З. С. Гены, контролирующие реакцию на яровизацию и скороспелость *per se* ультраскороспелых форм яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 168. С. 39–49).
- Snape J. W., Butterworth K., Whitechurch E., Worland A. J. Waiting for fine times: genetics of flowering time in wheat // *Euphytica*, 2001, vol. 119, iss. 1, pp. 185–90.
- Sun Dongfa, Fang Jingye, Sun Genlou. Inheritance of genes controlling supernumerary spikelet in wheat line 51885 // *Euphytica*, 2009, vol. 167, pp. 173–179. DOI 10.1007/s10681-008-9854-7.
- Vrazhnov A. V., Koshkin V. F., Rigin B. V., Potokina Ye. K., Tyunin V. A., Shreider Ye. R., Alekseeva Ye. A., Matvienko I. I., Pyzhenkova Z. S. Ecological testing the ultra-early ripening farms in common wheat under conditions of different photoperiod // *Rus. Agric. Sci. – Doklady RASKHN*, 2012, no. 2, pp. 3–8 [in Russian] (Вражнов В. А., Кошкин В. А., Ригин Б. В., Потоккина Е. К., Алексеева Е. А., Матвиенко И. И., Тюнин В. А., Шрейдер Е. Р., Пыженкова З. С. Экологическое испытание ультраскороспелых форм мягкой пшеницы в условиях разного фотопериода // Доклады РАСХН. 2012. № 2. С. 3–8).
- Yoshida T., Nishida H., Akashi Y., Kato K., Zhu J., Nitcher R., Distelfeld A., Dubcovsky J. *Vrn-D4* is a vernalization gene located on the centromeric region of chromosome 5D in hexaploid wheat // *Theor. Appl. Genet.*, 2010, vol. 120, iss. 3, pp 543–552. DOI 10.1007/s00122-009-1174-3.
- Zaytsev G. N. *Mathematical statistics in experimental botany*. Moscow : Nauka, 1984, 424 p. [in Russian] (Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М. : Наука, 1984. 424 с.).
- Zuev E. V., Brykova F. N., Nikonov V. I., Zakharov V. G., Terekhin M. V., Potokina S. A., Ivanova V. S., Rosseyeva L. P., Zyryanova A. F., Syukov V. V., Botoyev B. B., Likhenco I. E., Moiseyenko L. V. The Results of the spring bread wheat collection screening for earliness in Russian breeding centers // *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2009, vol. 166, pp. 101–106 [in Russian] (Зуев Е. В., Брыкова А. Н., Никонов В. И., Захаров В. Г., Терехин М. В., Потоккина С. А., Иванова В. С., Россеева Л. П., Зырянова А. Ф., Сюков В. В., Ботоев Б. Б., Лихенко И. Е., Моисеенко Л. М. Результаты изучения коллекции яровой мягкой пшеницы на скороспелость в селекцентрах России // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2009. Т. 166. С. 101–106).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-203-212

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 634.25:631.541.11:631.527

В. Г. Еремин

Филиал Крымская опытно-селекционная станция «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»
353384, Россия, Краснодарский край, г. Крымск, ул. Вавилова, 12
e-mail: kross67@mail.ru

Ключевые слова:

персик, генофонд, селекция, клоновые подвои, устойчивость, слаборослость, адаптивность

Поступление:

09.04.2018

Принято:

19.09.2018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ *PRUNUS* L. В СЕЛЕКЦИИ СЛАБОРОСЛЫХ АДАПТИВНЫХ ПОДВОЕВ ПЕРСИКА

Все современные технологии возделывания персика ориентированы на использование клоновых подвоев, преимущественно слаборослых. Важное значение имеет также технологичность и устойчивость к патогенам. Работа по созданию таких клоновых подвоев для персика проводится в филиале Крымская ОСС ВИР на базе генофонда косточковых культур, накопленного здесь, и прежде всего с использованием дикорастущих видов, являющихся донорами и источниками этих селекционно-значимых признаков. При выборе исходных видов и использовании их названий руководствовались системой рода *Prunus* L., предложенной Фоке, в современном трактовании с использованием достижений по их использованию в селекции, приведенных в Помологии Т. III, 2008). «от редакции: Номенклатура таксонов исправлена редакцией в соответствии с *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017.* и *Правилами для авторов Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции*». Выделены из этого генофонда наиболее перспективные генотипы: слаборослые – *Prunus pumila* L. – слива низкая (= *Microcerasus pumila* (L.) Eremin et Yushev – микровишня низкая); *P. tomentosa* Thunb. – вишня войлочная (= *M. tomentosa* (Thunb.) Eremin et Yushev – микровишня войлочная); *P. ulmifolia* Franch. – слива вязолистная (= *Louiseania ulmifolia* (Franch.) Pachom. – луизеания вязолистная); *P. pedunculata* (Pall.) Maxim. – слива черешковая (= *L. pedunculata* (Pall.) Eremin et Yushev – луизеания черешковая); *P. tenella* Batsch – миндаль нежный (= *Amygdalus nana* L. – миндаль низкий, бобовник); *P. petunnikowii* (Litv.) Rehd. – миндаль Петунникова; устойчивые к почвенным патогенам – *P. davidiana* (Carr.) Franch. – персик Давида, и его гибриды Барриер (*P. davidiana* × *P. persica* Stokes), Спутник (*P. kansuensis* Rehd. × *P. davidiana*), Майор (*P. amygdalus* Stokes × *P. davidiana*) и ряд других; устойчивые к хлорозу – Кубань 86 (*P. cerasifera* Ehrh. × *P. persica*), ВСВ 1 (*P. incana* (Pall.) Batsch × *P. tomentosa*); легкая укореняемость одревесневших черенков: *P. cerasifera*, *P. pumila* L., Кубань 86 и ряд других. Наибольший интерес представляют выведенные в последние годы слаборослые адаптивные и продуктивные подвои: Бест (*P. pumila* × *P. cerasifera*), Упрямец (*P. cerasifera* × *P. ulmifolia*). Проверка новых клоновых подвоев показала их пригодность для использования как в современных технологиях интенсивного типа при возделывании насаждений, так и для интенсивных технологий при производстве посадочного материала. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, включены клоновые подвои персика: Кубань 86, Эврика 99, ВВА 1, ВСВ 1, Бест, Зарево. Принят в государственное сортоиспытание клоновый подвой Упрямец.

V. G. Eremin

Krymsk Experiment Breeding Station,
branch of the N. I. Vavilov All-Russian
Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
12, Vavilova Street, Krymsk, Krasnodar
Region, 353384, Russia;
e-mail: kross67@mail.ru

Key words:

peach, genetic diversity, breeding,
clonal rootstock, resistance,
dwarfness, adaptability

Received:

09.04.2018

Accepted:

19.09.2018

THE USE OF WILD-GROWING *PRUNUS* L. SPECIES IN BREEDING ADAPTIVE DWARF ROOTSTOCKS OF PEACH

All modern technologies of peach cultivation are focused on the use of clonal, mainly dwarf, rootstocks. Technical efficiency and resistance to pathogens are also important. The work on the creation of such clonal rootstocks of peach is carried out at the Krymsk Experiment Breeding Station (EBS), a branch of VIR, on the basis of the stone fruit crop genetic diversity accumulated at the Station, primarily using the wild species which can serve as donors and sources of important breeding traits. The studied fruit crop genetic diversity was found to contain the most promising genotypes, for instance dwarf *P. pumila* L., *P. tomentosa* Thunb., *P. ulmifolia* Franch., *P. pedunculata* Maxim., *P. tenella* Batsch (= *Amygdalus nana* L.) and *P. petunnikowii* Rehd.; soil pathogen-resistant genotypes, e.g., *P. davidiana* Franch. and its hybrids Barrier (*P. davidiana* × *P. persica* Stokes)), Sputnik (*P. kansuensis* Rehd. × *P. davidiana*), Major (*P. amygdalus* Stokes × *P. davidiana*), etc.; chlorosis-resistant genotypes: Kuban 86 (*P. cerasifera* Ehrh. × *P. persica*), VSV 1 (*P. incana* (pall.) Roem. × *P. tomentosa* Thunb.); as well as the genotypes that display easy rooting of the lignified cuttings, e.g., *P. cerasifera* Ehrh., *P. pumila* L., Kuban 86, etc. Of great interest are the recently developed dwarf, adaptive and productive rootstocks, such as Best (*P. pumila* × *P. cerasifera*) and Uprjamec (*P. cerasifera* × *P. ulmifolia*). The testing of new clonal rootstocks has shown their suitability for the use in peach plantations cultivation applying modern intensive technologies, and for the production of peach planting material using intensive technologies.

The State Register of Breeding Achievements Approved for the Use in the Russian Federation includes such clonal rootstocks of peach as Kuban 86, Evrika 99, VVA 1, VSV 1, Best and Zarevo. The clonal rootstock Uprjamec has been accepted for the state trials.

Наряду с подбором адаптивных сортов ключевым звеном в современных технологиях выращивания персика является использование слаборослых и адаптивных клоновых подвоев (Wertheim, 2009). Однако до последнего времени в России клоновые подвои персика в промышленных насаждениях не использовались. Одна из определяющих причин этого – непригодность зарубежных подвоев, созданных в теплом и комфортном климате, к более суровым почвенно-климатическим условиям даже для южных регионов нашей страны, где возделывается культура персика. Это диктовало необходимость селектирования сортов персика [*Prunus persica* (L.) Batsch. (= *Persica vulgaris* Mill.)], более устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам, определяющим возможность культивирования здесь этой культуры.

Проводимая на филиале Крымская опытно-селекционная станция ВИР селекция клоновых подвоев позволила в настоящее время создать сортимент клоновых подвоев для персика различной силы роста, соответствующий основным требованиям возделывания в условиях юга России (Eremin G. V., 2007; Eremin V. G., Eremin G. V., 2014). При этом был широко использован потенциал дикорастущих видов косточковых растений рода *Prunus* L., обладающих ценными для селекции клоновых подвоев признаками. Это позволило создать новые клоновые подвои с высокой степенью адаптивности, слаборослые и технологичные. Они составили основу сортимента подвоев, включенных в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации, 2017 г. (State Register..., 2017).

При выборе исходных видов и использовании их названий руководствовались системой рода *Prunus* L., предложенной Фоке, в современном трактовании с использованием достижений по их использованию в селекции, приведенных в Помологии Т. III (Eremin G. V., 2008). «от редакции: *Номенклатура таксонов исправлена редакцией в соответствии с Turland, N. J., et. al. (eds.) 2018: International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017 и Правилами для авторов в Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции*».

Для культуры персика важное значение имеет хорошая совместимость привоя с подвоем. В результате изучения совместимости новых клоновых подвоев с перспективными сортами персика и нектарина из генофонда, сосредоточенного на филиале Крымская ОСС ВИР, выделились сорта ('Память Симиренко', 'Золотой юбилей', 'Радужный', 'Бархатный сезон', 'Осенний румянец', 'Коллинз', 'Краснодарец', 'Биг топ', 'Скифянин'), совместимые со всеми испытываемыми подвоями: (табл. 1).

С подвоем ВСВ 1 оказались несовместимы сорта – 'Фаворит Мореттини', 'Ветеран', 'Спринголд', 'Старт'; сорта нектарина [*Prunus persica* var. *nucipersica* (Suckow) C.Schneid. (= *Persica vulgaris* subsp. *nectarine* (Ait.) Shof.)] – 'Лола', 'Обильный', 'Орион', 'Розовая принцесса', 'Серебряный Рим'. Из клоновых подвоев, выведенных в филиале Крымская ОСС ВИР, отличной совместимостью с сортами персика и нектарина выделились: Кубань 86, Эврика 99, ВВА 1, Бест. У всех этих подвоев в качестве одного из компонентов скрещивания присутствует алыча. Подвои ВВА1, Бест, Кубань 86 и Упрямец являются гибридами F₁ алычи с другими видами рода *Prunus*, а подвои Эврика 99, Зарево, Фортуна получены при повторной гибридизации алычи другими видами рода *Prunus*.

Новые клоновые подвои по силе роста привитых на них деревьев делятся на: (1) слаборослые – ВВА 1, ВСВ 1, Бест, Спикер, Упрямец и (2) среднерослые – Кубань 86, Эврика 99, Зарево, Фортуна. Снижение роста деревьев составляет

соответственно 40–60% и 20–30% по сравнению с сильнорослыми семенными подвоями. Если новые слаборослые подвой особенно ценны для использования в интенсивных технологиях, то среднерослые могут с успехом применяться на неорошаемых участках с различным уклоном при сравнительно плотной схеме посадки (6х3 м, 5х3 м).

Таблица 1. Совместимость сортов персика и нектарина с клоновыми подвоями селекции филиала Крымская ОСС ВИР (1996–2017 гг.)
Table 1. Compatibility of peach and nectarine varieties with clonal rootstocks bred at the Krymsk EBS, a branch of VIR (1996–2017)

Сорт	Подвой					
	Бест	Кубань 86	ВВА 1	ВСВ 1	Зарево	Эврика 99
Персик						
Бархатный сезон	+	+	+	+	+	+
Ветеран	+	+	+	–	+	+
Золотой юбилей	+	+	+	+	+	+
Коллинз	+	+	+	+	+	+
Осенний румянец	+	+	+	+	+	+
Редхавен	+	+	+	+	+	+
Спринголд	+	+	+	–	+	+
Старт	+	+	+	–	+	+
Фаворит Мореттини	+	+	+	–	+	+
Нектарин						
Краснодарец	+	+	+	+	+	+
Лола	+	+	+	–	+	+
Биг топ	+	+	+	–	–	+
Обильный	+	+	+	–	+	+
Орион	+	+	+	–	+	+
Розовая принцесса	+	+	+	–	+	–
Серебряный Рим	+	+	+	–	+	+
Скифянин	+	+	+	+	+	+

Примечание: + совместим, – несовместим

Выведенные на филиале Крымская ОСС ВИР клоновые подвой характеризуются общей высокой адаптивностью к различным почвенно-климатическим условиям и пригодностью для возделывания с использованием различных, в том числе и интенсивных, технологий. Это позволило успешно произрастать и обильно плодоносить привитым на них деревьям персика в различных регионах России (Северный Кавказ, Крым) и в ряде зарубежных стран, в том числе в США и Испании (табл. 2).

Поскольку в селекционной программе по созданию клоновых подвоев отбор по качеству плода не проводится, то элитными формами, а затем и сортовыми клоновыми подвоями уже в F₁ могут стать гибриды дикорастущих видов с плодами низкого качества, но с ценными для селекции признаками, прежде всего, устойчивостью к различным биотическим и абиотическим стрессорам. Именно у гибридов дикорастущих видов наиболее ярко выражены эти признаки (а также слаборослость). Поэтому получение гибридов F₁ клоновых подвоев с использованием дикорастущих видов косточковых культур является одним из основных направлений в селекции.

Однако при использовании диких видов весьма актуально проведение предварительного селекционного отбора более совместимых с персиком и легко скрещиваемых с другими видами генотипов; проведение повторных скрещиваний

с видами, имеющими положительные признаки, для разрыва их с отрицательными признаками (околюченность побегов, порослеобразование, тонкость побегов и т. д.). Уже имеющиеся межвидовые гибриды, как спонтанные, так и полученные в эксперименте, можно рассматривать в ряде случаев в качестве доноров какого-либо селекционно-значимого признака. Таким гибридом является Кубань 86 (алыча × персик), ВВА 1 (вишня войлочная × алыча) и многие другие, в том числе выделенные в природе гибриды алычи (*P. cerasifera* Ehrh.) с миндалем бухарским (*Prunus bucharica* (Korsh.) B. Fedtsch. ex Rehd.), гибридные виды миндаля: м. Фенцля (*P. fenziiana* Fritsch), м. бухарский, миндаль нежный [*P. tenella* Vatsch (= *Amygdalus nana* L. – миндаль низкий, бобовник)], миндаль Петунникова (*P. petunniakowii* (Litv.) Rehd.). Их можно использовать в практической селекции подвоев персика, что и делается с участием генотипов, собранных в генетическую коллекцию отдаленных гибридов рода *Prunus*, созданную на филиале Крымская ОСС ВИР.

Таблица 2. Влияние подвоя на плодоношение, качество плодов и рост персика сорта Крест Хавен (Экспериментальный центр университета штата Вашингтон, 2005 г.)
Table 2. Rootstock influence on fruiting, fruit quality and growth of Crest Haven peach (Washington State University Experiment Center, USA, 2005)

Подвой	Плод		Урожай, кг/дерева	Площадь штамба, см ²	Удельное плодоношение кг/см ² площади сечения штамба
	масса, г	диаметр, см			
Посадка 2001 г.					
Bailey	211,1	7,68	42,5	59,8	0,66
Hiawatha	179,9	7,13	34,7	45,5	0,732
Jaspi	147,1	6,54	18,4	44,8	0,381
Julior	216,2	7,65	31,7	48,8	0,631
Lovell	213,9	7,61	44,0	65,2	0,733
Pumiselect	214,4	7,68	21,6	39,4	0,564
VVA 1	245,2	7,99	20,3	22,3	0,904
НСР ₀₅	16,0	0,21	14,9	14,2	0,340
Посадка 2002 г.					
Bailey	243,7	7,92	23,0	44,4	0,159
Hiawatha	260,1	8,09	34,2	51,6	0,667
Jaspi	253,7	8,06	23,8	52,2	0,474
Julior	235,6	7,81	21,4	33,9	0,639
Lovell	210,4	7,45	19,0	34,3	0,532
Pumiselect	202,5	7,34	16,3	15,6	0,990
VVA 1	249,8	7,52	12,3	11,5	1,146
НСР ₀₅	16,1	0,20	11,2	7,7	0,687

Важность выведения адаптивных клоновых подвоев в условиях юга России связана с тем, что здесь имеют место специфические стрессовые ситуации. Это требует создания сортов, устойчивых к ним. Примером таких ситуаций являются губительные морозы для закулированных в питомнике почек персика, которые после покоя быстро теряют закалку и начинают расти. Возвратные морозы в феврале и марте, заморозки в апреле могут привести к их гибели. Персик – наименее устойчивая культура к повреждениям такого типа, в частности, имевших место в 2004 г., когда апрельский заморозок -7°C привел к значительной гибели закулированных почек персика в питомнике. При этом подвои существенно влияли на степень их повреждения (рис. 1).

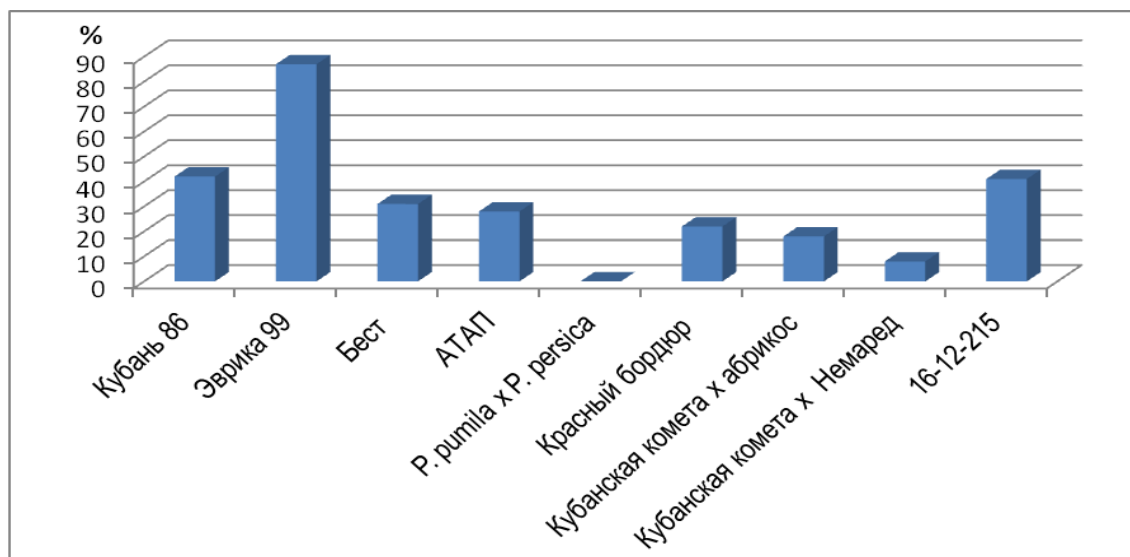


Рис. 1. Подмерзание заокулированных почек персика в 2007 г. от возвратных морозов в апреле, % (филиал Крымская ОСС ВИР)

Fig. 1. Grafted buds freezing by recurrent frosts in April 2007, % (Krymsk EBS, a branch of VIR)

Таблица 3. Устойчивость клоновых подвоев персика к различным биотическим и абиотическим стрессорам

Table 3. Peach clonal rootstocks resistance to biotic and abiotic stresses

Подвой	Устойчивость к:								Сила роста
	низким температурам	засухе	загопленению	хлорозу	нематодам			бактериальному раку	
					<i>Pratylenchus vulnus</i>	<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Mesokricomea xenoplax</i>		
Paramount (GF- 677)	-	+	-	+	-	-	-	-	сильная
Кубань 86	+	+	+	+	+	+	-	?	средняя
Эврика 99	+	+	+	-	+	-	+	?	средняя
Алаб 1	-	+	+	-	+	-	-	?	средняя
Пумиселект	+	+	?	?	?	?	-	-	слабая
BCB 1	+	+	+	+	?	?	+	?	слабая
BVA 1	+	-	+	+	+	-	-	-	слабая
Бест	+	+	+	-	+	+	+	+	слабая

Примечание: + устойчив, - неустойчив, ? неизвестно

Более медленное весеннее развитие почек у поздноцветущих подвоев способствовало лучшему сохранению и повышению устойчивости к заморозкам и почек персика, заокулированных на такие подвои (Эврика 99, Кубань 86, Гибрид 16-12-215 (черный абрикос [*P. dasycarpa* Ehrh. (= *Armeniaca dasycarpa* (Ehrh.) Borkh.] × слива домашняя (*P. domestica* L.). Бест, по сравнению с другими подвоями, способствовал более медленному росту побегов персика из привитых почек.

Большое значение имеет и устойчивость клоновых подвоев для персика к биотическим и абиотическим стрессорам. Среди новых клоновых подвоев, выведенных с участием дикорастущих видов, выделились устойчивые к затоплению – ВВА 1, Кубань 86, Эврика 99, Бест, Алаб 1, хлорозу – Кубань 86, ВСВ 1; засухе – Кубань 86, Эврика 9, ВСВ 1, Бест, Алаб 1; к низким температурам – ВВА 1, ВСВ 1, Бест, Эврика 99 (табл. 3).

Оценка особенностей российских клоновых подвоев в ряде лабораторий показала, что среди них имеются устойчивые к различным видам почвенных нематод, в частности, к:

- *Pratylenhus vulnus* Allen & Jensen: Кубань 86, Эврика 99, ВВА 1 и Бест;
- *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood: Кубань 86, ВВА 1, Бест;
- *Meloidogyne yavanica* (Treub) Chitwood: Кубань 86, ВВА 1;
- *Mesokriconema xenoplax* (Raski) Loof & De Grisse: Алаб 1 (табл. 4).

Таблица 4. Устойчивость клоновых подвоев селекции филиала Крымская ОСС ВИР к различным видам нематод (Университет штата Калифорния, США)
Table 4. Nematode resistance in clonal rootstocks bred at the Krymsk EBS, a branch of VIR (California State University, USA)

Подвой	Виды нематод		
	<i>Pratylenhus vulnus</i>	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Mesokriconema xenoplax</i>
ВВА 1	0,17	0,06	30,9
Кубань 86	0	5,3	64,0
ВСВ 1	51,2	0	36,9
Алаб 1	43,9	17,6	0
Эврика 99	0,16	5,8	24,1

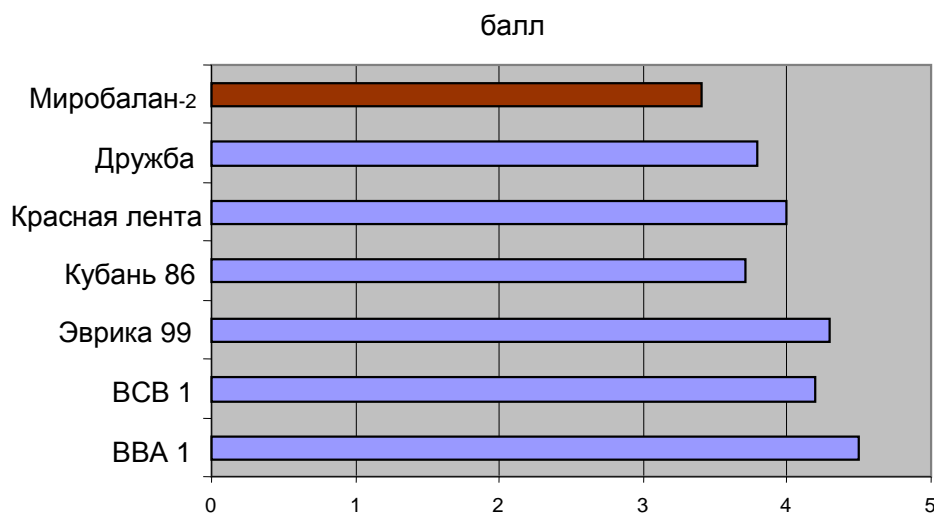
Примечание: < 0,2 – устойчивый; > 0,2 – неустойчивый

В селекции клоновых подвоев для персика важное место занимает проблема выведения форм, устойчивых к различным видам почвенных нематод. Наряду с использованием в гибридизации с другими видами косточковых растений общепринятого донора устойчивости к нематодам – персика Давида (*P. davidiana* (Carr.) Franch.), были привлечены генотипы гибридов персика Давида и с краснолиственными персиками [*P. persica* f. *atropurpurea* Schneid. (= *Persica vulgaris* Mill. subsp. *atropurpurea* (Schneid.) Zajats)] (Pinochet, 1997). Считается, что признак красной окраски листа у них сцеплен с признаком устойчивости к нематодам, а краснолистность – маркерный признак, свидетельствующий о присутствии в гибридном потомстве генов устойчивости к нематодам. Краснолистные сорта персика – ‘Немаред’ и ‘Флордагард’ считаются донорами признака устойчивости к нематодам. Признак краснолистности – доминантный, и краснолистные гибриды этих сортов, предположительно, имеют гены *Mi/mi*, *Mi/mj*, *Me/mx* (Pinochet, 1997; Ramming, Tanner, 1983; Sehrman et al., 1991; Wertheim, 1997), контролирующие устойчивость к нематодам. Такие краснолистные гибриды в потомстве от скрещиваний сортов типичной и гибридной алычи с краснолиственными сортами персика выделены, однако необходима экспериментальная проверка поражаемости этих элит нематодами.

В процессе проведения селекции клоновых подвоев для персика важное значение имеет использование источников и доноров селекционно-ценных признаков, выделенных из генофонда косточковых растений рода *Prunus*. Для их выявления были использованы современные методы проведения исследований физиологии устойчивости и других важнейших биологических особенностей

генотипов, а также наследования важнейших признаков, обязательных для клоновых подвоев персика (совместимость с привоем, укореняемость черенков и др.). Испытание новых клоновых подвоев проводилось в различных экологических зонах с использованием современных технологий интенсивного типа.

Для производства посадочного материала персика на клоновых подвоях большое значение имеет способность к вегетативному размножению различными методами. Было установлено, что ВВА 1 превосходит по способности к микроразмножению другие клоновые подвои. К данному подвою по показателям размножения этим способом приближаются клоновые подвои ВСВ 1 и Эврика 99. Остальные подвои селекции Крымской ОСС также показали высокие результаты по пригодности к микроразмножению (рис. 2).



1 – очень малая; 2 – малая; 3 – средняя; 4 – хорошая; 5 – отличная

Рис. 2. Способность к микроразмножению клоновых подвоев косточковых культур филиала Крымская ОСС ВИР (Agromillora Catalana, Испания 2009 г.)

Fig. 2. Micropropagation ability of stone fruit clonal rootstocks bred at the Krymsk EBS, a branch of VIR (Agromillora Catalana, Spain, 2009)

Для успешного использования в селекционном процессе источников селекционно-значимых признаков важно знать о возможностях получения гибридов, сочетающих их с комплексом других положительных признаков при выделении элит, а в последующем и при выделении их в сорта. Было установлено, что хорошо передают признак слаборослости гибридам F_1 генотипы видов сливы низкой [*Prunus pumila* L. (= *Microcerasus pumila* (L.) Eremin et Yushev – микровишня низкая), сливы серой [*Prunus incana* (Pall.) Batsch (= *Cerasus incana* Pall. – вишня серая (седая), = *Microcerasus incana* (Pall.) M. Roem. – микровишня седая)], *Prunus prostrata* Labill. (= *Cerasus prostrata* (Labill.) Ser. – вишня простертая, = *Microcerasus prostrata* (Ser.) Erem. et Jushev – микровишня простертая), сливы вязолистной [*P. ulmifolia* Franch. (= *Louiseania ulmifolia* (Franch.) Rachon. – луизеания вязолистная (или миндаль вязолистный)], миндаля нежного (или миндаля степного, м. низкого, бобовника), терна (*P. spinosa* L. – слива колючая), а из новых слаборослых клоновых подвоев – ВВА 1 и ВСВ 1 (табл. 5).

Хорошая укореняемость черенков одревесневших побегов – важный положительный признак клоновых подвоев персика. По результатам исследования данного свойства отлично зарекомендовали себя не только такие дикорастущие

виды, как алыча, слива карликовая, но и клоновые подвои Кубань 86 и Эврика 99. Их можно считать хорошими донорами этого признака.

Зелеными черенками хорошо размножаются и передают эту способность гибридам все клоновые подвои персика селекции филиала Крымская ОСС ВИР. Их включение в гибридизацию предопределяет также способность гибридов к размножению одревесневшими черенками. Это же следует сказать и об участии в происхождении подвоев Бест, Эврика 99 сливы низкой (синоним – микровишня низкая). Хорошей совместимостью с персиком и легким вегетативным размножением выделился ряд других генотипов в гибридных комбинациях с участием указанных выше видов алычи и сливы карликовой, а также вишни войлочной и сливы серой, в частности, среди гибридных комбинаций, вишни войлочной, миндаля вязолистного и алычи. С участием этих видов получены слаборослые клоновые подвои.

Таблица 5. Встречаемость слаборослости и хорошей укореняемости одревесневших черенков в потомстве клоновых подвоев и сортов алычи – доноров этих признаков

Table 5. Occurrence of dwarfness and good rooting of lignified cuttings in the offspring of myrobalan clonal rootstocks and varieties used as donors of these traits

Донор признака	Компонент скрещиваний	Выделено сортов (элит)	Сила роста у выделенных сортов/элит		Укореняемость одревесневших черенков у выделенных сортов/элит	
			средняя	слабая	отличная	плохая
Кубань 86	Черный бархат	5	5	0	5	0
Кубань 86	АТАП	3	3	0	3	0
Кубань 86	слива русская	1	1	0	1	0
Кубанская комета	Флордагард	1	1	0	1	0
Культурная красная	Немаред	1	1	0	1	0
Бессея №2	Кубань 86	3	0	3	3	0
Бессея №2	алыча	1	0	1	1	0

Хорошо передают слаборослость своим межвидовым гибридам такие виды, как слива распростертая, терн, но лишь в F₂, при повторных скрещиваниях с алычой и сливы карликовой слаборослость у гибридов F₂ сочетается с легким размножением черенками. В гибридном потомстве алычи, сливы китайской (*P. salicina* Lindl.), абрикоса [*P. armeniaca* L. (= *Armeniaca vulgaris* Lam.)] и персика нередко возникают слаборослые мутанты, среди которых отмечены и генотипы, наследующие способность к легкому размножению.

При этом в числе лучших по укореняемости одревесневшими черенками из всех изучавшихся зарубежных и отечественных подвоев показали себя Кубань 86, Эврика 99 и Бест. Эти подвои являются наряду с генотипами алычи и микровишни низкой донорами признака легкой укореняемости, что было отмечено при их использовании в качестве родительских форм в селекционной программе создания клоновых подвоев для персика. Установлено, что все районированные отечественные клоновые подвои, используемые для персика, отлично размножаются способом зеленого черенкования, а большинство из них – и способом горизонтальных отводков.

Выводы

Опыт выведения слаборослых адаптивных клоновых подвоев для персика позволяет сделать ряд выводов и рекомендаций для дальнейшего использования в программах селекции клоновых подвоев для этой культуры:

На основе использования потенциала генофонда дикорастущих видов рода *Prunus* на филиале Крымская ОСС ВИР выведены адаптивные, слаборослые и среднерослые подвой для персика: Кубань 86, Эврика 99, ВВА 1, ВСВ 1, Бест, Зарево, Упрямец, Фортуна. Сформирован сортимент клоновых подвоев для этой культуры.

Наибольшую ценность для использования в селекции клоновых подвоев для персика представляют комплексные доноры нескольких селекционно-значимых признаков: *P. pumila*, дикорастущая алыча (*P. cerasifera*), подвой Кубань 86.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0010 «Создание форм, линий, генетических источников и доноров новых эффективных генов и полигенов, контролируемых хозяйственно ценные признаки, а также выведение сортов нового поколения с надежной генетической защитой от вредоносных болезней и вредителей, высокой продуктивностью и качеством продукции», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710365-6.

References/Литература

- State Register of Selection Achievements Approved for Use / Varieties of Plants. Moscow : ООО "Express PRIK NK", 2016 [in Russian] (*Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию / Сорты растений*. М.: ООО «Экспресс ПРИК НК», 2016).
- Eremin V. G., Eremin G. V. Clone rootstocks of stone fruit crops for intensive orchards in the south of Russia // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2014, no. 6, pp. 24–27 [in Russian] (*Еремин В. Г., Еремин Г. В. Клоновые подвой косточковых культур для интенсивных садов юга России // Садоводство и виноградарство*, 2014. № 6. С. 24–27).
- Eremin G. V. The gene pool of the genus *Prunus* L. and its use in breeding // *Bulletin on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2007, vol. 164, pp. 208–217 [in Russian] (*Еремин Г. В. Генофонд рода *Prunus* L. и его использование в селекции // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2007. Т. 164. С. 208–217).
- Pinochet J. Breeding and selection for resistance to root-knot and selection on nematodes in *Prunus* rootstocks adapted to Mediterranean conditions // *Phytoparasitica*, 1997, no. 4, pp. 271–274.
- Ramming D. W., Tanner O. Nemared peach rootstock // *Hort. Science*, 1983, 18 (3), pp. 421–427.
- Sherman W. B., Lyrene P. M., Sharpe R. H. Flordaguard peach rootstock // *Hort. Science*, 1991, 26 (4), pp. 427–429.
- Turland N. J., Wiersema J. H., Barrie F. R., Greuter W., Hawksworth D. L., Herendeen P. S., Knapp S., Kusber W.-H., Li D.-Z., Marhold K., May T. W., McNeill J., Monro A. M., Prado J., Price M. J. & Smith G. F. (eds.) International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. 2018: DOI <https://doi.org/10.12705/Code.2018>.
- Wertheim S. L. Rootstock Guide // *Annual Report research station for fruit groweng, wilhelminadarp*. 1997, pp. 115–137.
- Eremin G. V. Clonal and seminal rootstocks of stone fruits // In : *Pomology in 5 vol. Vol. 3. Jrel : VNIISPK*, 2008, pp. 558 [in Russian] (*Еремин Г. В. Клоновые и семенные подвой косточковых культур // В кн.: Помология в 5-ти томах. Т. 3. Орел : ВНИИСПК, 2008. С. 558*).

УДК: 575.222.73; 575.222.5;
575.222.2

Э. Б. Хатефов¹,
Р. А. Кудаев²,
Р. С. Кушова²

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: haed1967@rambler.ru.

²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства КБНЦ РАН. 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Кирова, 224

Ключевые слова:

кукуруза, теосинте, гибридизация, многопочатковость, гены, озерненность початка, комбинационная способность, синхронное цветение початков

Поступление:

04.09.2018

Принято:

19.09.2018

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ МНОГОПОЧАТКОВОЙ КУКУРУЗЫ С СИНХРОННЫМ ЦВЕТЕНИЕМ ПОЧАТКОВ

Актуальность. Многопочатковая кукуруза давно привлекает селекционеров как генетический резерв высокого урожая зерна и силосной массы. Селекционеры располагают крайне скудными источниками признака многопочатковости кукурузы из-за длительного селекционного отбора в сторону однопочатковой. Фенотипическое проявление признака многопочатковости на посевах кукурузы, его пенетрантность и экспрессивность положительно коррелирует с уровнем агроклиматических условий и наследуется комплексом генов, поэтому в сравнении с другими селекционно ценными признаками он остается менее изученным. Многопочатковая кукуруза из-за асинхронного цветения и созревания початков уступает в технологичности однопочатковой. Решение проблемы асинхронного цветения селекционными методами позволит усовершенствовать технологичность и повысит урожайность многопочатковой кукурузы за счет числа и качества початков, расположенных на нижних ярусах. Одним из резервов для передачи кукурузе генов многопочатковости являются дикие родичи кукурузы, такие как теосинте *Zea mays* L. subsp. *mexicana* (Schrad.) H.H. Iltis (базоним *Euchlaena mexicana* Schrad.) и трипсакум *Tripsacum dactyloides* L.). **Материал и методы.** Фенологические наблюдения проводились согласно общепринятым методикам. Измерения и учеты проводились на 10 растениях и 10 початках в двукратной повторности. Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову, биометрические измерения и их описания даны согласно «Широкому унифицированному и международному классификатору СЭВ вида *ZEA MAYS* L.». В качестве тестера использована стерильная однопочатковая линия GK26M селекции КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко. Источник многопочатковости – теосинте Чалко (и-350969) коллекции ВИР. **Результаты.** По результатам проведенного анализа линий и их топкроссов все линии систематизированы на 4 группы по способности передачи признака многопочатковости потомству в F₁. Исследования показали, что селекционную ценность имеют линии многопочаткового типа, способные при гибридизации с однопочатковым тестером формировать на гибридном растении более одного початка. Важно ведение селекционного отбора на синхронное цветение початков верхних и нижних ярусов. Нарушение этого принципа приводит к диспропорции морфологических признаков структуры початков верхних и нижних ярусов, снижению урожайности и качества нижних початков. **Заключение.** Изученные линии многопочатковой кукурузы, созданные с участием генома теосинте Чалко, показали эффективность донорства признака при скрещивании с однопочатковой кукурузой. Созданы линии – доноры многопочатковости: Тео6758 (п.к.-4352), Тео67662 (п.к.-4349), Тео67130 (п.к.-4350), Тео671304 (п.к.-4353), Тео6740 (п.к.-4334), Тео674 (п.к.-4365), Тео674000 (п.к.-4333), Тео67251 (п.к.-4354), Тео67252 (п.к.-4348), Тео6715 (п.к.-4357), Тео67642 (п.к.-4359), Тео6767 (п.к.-4360), Тео6773 (п.к.-4363), Тео679933 (п.к.-4347), Тео671302 (п.к.-4338), Тео671303 (п.к.-4339), Тео67MP (п.к.-4342), Тео67143 (п.к.-4332), формирующие в комбинациях с однопочатковыми тестерами гибриды многопочаткового типа.

E. B. Khatefov¹,
R. A. Kudaev²,
R. S. Kushkhova²

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: haed1967@rambler.ru

²Research Institute of Agriculture,
Kabardino-Balkar Research Center of RAS,
224, Kirova St, Nalchik, 360004,
Kabardino-Balkar Republic

Key words:

maize, teosinte, hybridization,
multiple-ear feature, genes, kernel
number, prolific maize lines,
combining ability, nicking

Received:

04.09.2018

Accepted:

19.09.2018

BREEDING VALUE OF PROLIFIC MAIZE VARIETIES WITH NICKING OF PARENTAL LINES

Background. Production of multiple-ear maize varieties is quite complicated because of asynchronous flowering in parents. Solving the problem of flowering asynchrony by breeding methods will allow breeders to improve the yield through increasing the number and quality of ears located lower than the top ears. Among the genetic reserves of the multiple-ear feature in maize are its wild relatives, such as teosinte (*Zea mays* L. subsp. *mexicana* (Schrad.) H.H. Iltis (basionym *Euchlaena mexicana* Schrad.)) and eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides* L.). **Materials and methods.** Phenological observations were conducted according to conventional procedures. Measurements and records were made on 10 plants and 10 ears in two repetitions. Statistical data processing was performed according to B. A. Dospekhov's technique, while biometric measurements and their description were provided according to the COMECON Unified Classifier. The sterile single-ear maize line GK26M bred at the Lukyanenko Institute of Agriculture was used as a tester. The Chalko teosinte from the VIR collection was the source of multiple-ear feature (i-350969). **Results.** The analysis of the lines and their topcrosses helped to systemize all lines into 4 groups according to their ability to transfer the gene of the multiple-ear trait into F₁. The research showed the breeding value of the prolific lines that could form more than one ear on a hybrid plant after hybridization with the single-ear tester. It is important to select for flowering synchrony between the upper and lower rows of ears. Violation of this principle leads to a disproportion in morphological features of the structure of upper and lower ears, and decreases the productivity and quality of the lower ears. **Conclusion.** The studied prolific maize lines developed by involving the Chalko teosinte genome appeared to be effective donors of the multiple-ear feature in crosses with single-ear maize. The developed lines Teo6758 (pk-4352 in the Provisional Catalogue); Teo67662 (pk-4349), Teo67130 (pk-4350), Teo671304 (pk-4353), Teo6740 (pk-4334), Teo674 (pk-4365), Teo674000 (pk-4333), Teo67251 (pk-4354), Teo67252 (pk-4348), Teo6715 (pk-4357), Teo67642 (pk-4359), Teo6767 (pk-4360), Teo6773 (pk-4363), Teo679933 (pk-4347), Teo671302 (pk-4338), Teo71303 (pk-4339), Teo67MP (pk-4342), Teo67143 (pk-4332), as the donors of the prolificacy gene, form multiple-ear hybrids in combinations with single-ear testers.

Введение

Многопочатковость у кукурузы отнесена к положительным селекционно-ценным признакам и привлекает селекционеров как генетический резерв высоких урожаев зерна и силосной массы. Селекционеры располагают крайне скудными источниками признака многопочатковости кукурузы из-за длительного селекционного отбора в сторону однопочатковой последние 100 лет, о чем свидетельствуют многочисленные данные отечественных и зарубежных исследователей (Klyuchko, Fesenko, 1983). Однопочатковая кукуруза привлекала своей технологичностью, хорошей озерненностью початка и их дружным созреванием, что упрощало ее уборку и снижало потери за счет невызревших початков. В посевах многопочатковой кукурузы цветение початков на одном растении было очередным, начиная с верхнего, что снижало ее озерненность, технологичность при уборке и растягивало период созревания. Часто нижние початки из-за плохой озерненности и высокой уборочной влажности были непригодны для переработки. Поэтому более 90% инбредных линий, используемых в настоящее время в коммерческих гибридах, характеризуются однопочатковыми генотипами и генетической близостью источников происхождения. Возникает проблема создания новых источников инбредных линий, аналогов современным инбредным линиям по комбинационной способности и с полиморфизмом признака многопочатковости. При этом важным условием является достижение синхронности цветения мужских и женских соцветий на растении. Селекция многопочатковой кукурузы усложнена еще тем, что пенетрантность и экспрессивность этого признака положительно коррелирует с уровнем агрофона посевов кукурузы.

Одним из резервов для передачи кукурузе генов многопочатковости являются дикие родичи кукурузы, такие как теосинте *Zea mays* L. subsp. *mexicana* (Schrad.) Н.Н. Итис (basionym *Euchlaena mexicana* Schrad.) и трипсакум *Tripsacum dactyloides* L.). Проблеме повышения урожая кукурузы за счет использования потенциала вторых хозяйственно годных початков на одном растении посвящены исследования Казанкова А. Ф. (Kazankov, 1972), Папалашвили Г. М. (Papalashvili, 1973), Александра Д. (Alexander, 1977). Отечественные селекционеры подтвердили, как эффективность, так и сложность селекции кукурузы на многопочатковость (Shabanov, 1983; Lomanidze, 1984; Paritov, 2010; Khafefov et al., 2008). В нашей стране обратил внимание на полезные свойства многопочатковости В. Е Козубенко (Kozubenko, 1955). В своих исследованиях он впервые установил положительную корреляцию между многопочатковостью и засухоустойчивостью растений. В результате проведенных им исследований сорта 'Миннесота 13 экстра' был создан сорт 'Зубовидная 3135', который характеризовался многопочатковостью и повышенной устойчивостью к водному дефициту в почве. Преимущества многопочатковой кукурузы для засушливых зон отмечал Соколов Б. П. (Sokolov, 1976), который указывал, что в засушливых районах вследствие невозможности загущения посевов, целесообразно использование многопочатковой кукурузы на изреженном посеве. Количество дополнительных початков компенсирует, таким образом, изреженность и почвенная влага остается более доступной. При этом использование двухпочатковой линии в простом гибриде в качестве материнской формы может значительно (на 50%) повысить количество гибридных семян (Lomanidze, 1984). По данным П. Ф. Ключко и И. В. Фесенко (Klyuchko, Fesenko 1983), двухпочатковые линии и гибриды в благоприятные по увлажнению годы более продуктивны за счет формирования на

растениях вторых и даже третьих початков, а в неблагоприятные – в меньшей степени снижают урожай по сравнению с однопочатковыми, поскольку двухпочатковые формы в стрессовых условиях способны формировать по одному початку почти на всех растениях, тогда как у однопочатковых гибридов значительная часть растений не образует початков.

Несмотря на существенные преимущества возделывания многопочатковой кукурузы перед однопочатковыми? до настоящего времени как в нашей стране, так и за рубежом их почти нет в посевах. Это в значительной мере объясняется исторически сложившимся отбором от многопочатковых форм родственных теосинте генотипов к культурной однопочатковой кукурузе, который значительно сузил полиморфизм этого признака в исходном селекционном материале. Поэтому одним из актуальных направлений селекции кукурузы на продуктивность остается расширение ее генетического полиморфизма путем вовлечения в селекционный процесс теосинте с целью создания линий кукурузы многопочаткового типа.

Методика проведения опытов

Исследования проводили в период с 2013 по 2015 гг. на территории ОПХ «Нартан» при Кабардино-Балкарском НИИСХ. Селекционный участок расположен в пределах предгорной зоны Северного Кавказа, на водоразделе рек Урвань – Нальчик. В основном почвы представлены луговыми черноземами. Содержание гумуса в пахотном слое не превышает 2,64%, реакция почвенного раствора по всему почвенному профилю средне-щелочная ($pH = 8,1$), со средней емкостью поглощения в пахотном слое (32 мг/экв на 100 г почвы), которая уменьшается постепенно с глубиной. Значения содержания карбонатов в пахотном слое варьируют от среднего (6,7%) на поверхности до высокого (13,6–14,7%) на глубине. Обеспеченность почвы подвижным фосфором очень низкая (0,4 мг/100 г почвы), а обменным калием – очень высокая (8 г/100 г).

Климат зоны характеризуется как умеренно жаркий при сумме активных температур 3000... 3200°C и умеренном увлажнении (коэффициент увлажнения – 0,5–0,9), гидротермический коэффициент составляет 0,9–1,2.

В целом за период проведения исследований рост и развитие кукурузы проходили при избытке тепла и дефиците влаги. Наиболее благоприятные условия для формирования полноценного урожая зерна кукурузы (достаточное количество тепла и влаги) были в 2014 г., а 2013 и 2015 гг. отличались, наоборот, избытком тепла и недостатком влаги в период прохождения основных этапов органогенеза растений кукурузы, что значительно снизило их урожайность. Испытание линий проводили в двукратной, а тесткроссов – в трехкратной повторности. Для линий указаны номера предварительного каталога – п.к.

Фенологические наблюдения проводились согласно общепринятым методикам (Methodological guidelines..., 1982; Methodological guidelines..., 1985). Измерения и учеты проводились на 10 растениях и 10 початках в двукратной повторности. Выделенные многопочатковые линии тестировались в топкроссах для определения комбинационной способности, реакции ЦМС и характера наследования признака многопочатковости в потомстве F_1 . Для оценки изученных образцов на признак многопочатковости мы определяли коэффициент многопочатковости (k_{mn}) – среднее число початков на одном растении. Для этого проводили подсчет растений на делянке и число полноценных початков с делянки. Статистическую обработку данных проводили по методике Б. А. Доспехова (Dospikhov, 1985). Определяли средние значения морфологических и фенологических признаков и средние

значения и $НСР_{0,5}$ для значений урожайности и компонентов урожайности среди вегетативных и генеративных органов. Биометрические измерения и их описания даны согласно Широкому унифицированному классификатору СЭВ (The wide..., 1977).

В качестве тестера использована стерильная линия ГК26М селекции КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко, а в качестве источника многопочатковости – образец теосинте Чалко коллекции ВИР (и-350969).

Результаты и обсуждение

Доноры признака многопочатковости кукурузы, полученные с участием теосинте Чалко, создавались путем гибридизации кукурузы с теосинте и двумя последующими циклами насыщения потомства геномом кукурузы. Из полученного потомства BC_2 выделены расщепляющиеся линии, которые подвергались инцухту и последующему отбору. Отбор проводили по признакам наличия более одного початка при условии синхронного цветения всех початков и метелки на растении. Из расщепляющейся популяции BC_2 удалось выделить длительным инцухтом линии с коэффициентом многопочатковости k_{mn} = от 1,1 до 3,5, не кустящиеся и формировавшие строго по одному полноценному початку в междоузлиях. Были выбракованы все генотипы с асинхронным цветением, формирующие несколько початков в одном междоузлии, кустистые, очень позднеспелые, с примитивной структурой початка, среди которых были и отобраны генотипы, формирующие по одному початку в каждом междоузлии.

После проведения этапа браковки в расщепляющемся потомстве по структуре растения и початка, были проведены несколько циклов отбора на синхронность цветения женских (початков) и мужских (метелки) соцветий. В процессе длительного инцухта было выделено несколько групп, склонных к многопочатковости с высоким полиморфизмом признака синхронного цветения репродуктивных частей растения.

В процессе отбора были отселектированы одно-, двух-, трех- и четырехпочатковые синхронно цветущие генотипы, у которых последующие (нижние) початки цвели уже асинхронно (рис. 1). Исследования показали, что признак многопочатковости и синхронности цветения початков сложно наследуется и его фенотипическое проявление зависит от многих факторов. Возможно, что генетический контроль синхронного цветения женских соцветий осуществляется комплексом генов, регулирующих этот процесс в зависимости от их числа и положения на растении. В расщепляющемся потомстве BC_2 гибрида (кукуруза × теосинте) чаще встречаются генотипы с жестким контролем асинхронного цветения.

Различия в группах проявлялись в полноценности формируемого второго и последующего початков, образующихся на нижних ярусах (рис. 2).

Следует отметить, что все генотипы, выщепляющиеся в процессе инцухта гибридного потомства, можно систематизировать по ряду признаков, касающихся структуры початка, растения, реакции на фотопериод, но главным критерием отбора для повышения продуктивности остается отбор на синхронное цветение початков. При асинхронном цветении резко снижается качество и число зерен на початках нижних ярусов, которые, как правило, цветут последовательно за верхним початком. В случае, если початков более двух, количество пыльцы ко времени цветения третьего и особенно четвертого початка резко снижается вследствие старения мужских соцветий. Поэтому в асинхронно цветущих

генотипах многопочатковой кукурузы формируются хорошо озерненные початки верхних ярусов в сочетании с плохо озерненными или вовсе не озерненными початками нижних.



Рис. 1. Препарированные стебли одно-, двух-, трех- и четырехпочатковой кукурузы с синхронным цветением женских соцветий (листья предварительно удалены)
Fig. 1. Dissected stems of one-, two-, three- and four-ear maize with synchronous flowering of female inflorescences (leaves previously removed)

Как правило, плохо озерненные початки имеют высокую уборочную влажность и низкое качество зерна и, попадая в общую массу, создают благоприятные условия для саморазогрева и гниения урожая зерна. Напротив, при условии синхронного цветения мужского и всех женских соцветий на растении наблюдается высокая озерненность всех початков и высокая выровненность созревания зерна на всех початках (рис. 3). У линий Тео6758 (п.к.-4352), Тео67662 (п.к.-4349), Тео671010 (п.к.-4355), Тео671011 (п.к.-4356), Тео67130 (п.к.-4350), Тео67252 (п.к.-4348) только вторые початки, которые были частично озерненными, были отнесены к частично полноценным. Линии Тео671304 (п.к.-4353), Тео674000 (п.к.-4333), Тео674 (п.к.-4365), Тео67251 (п.к.-4354) характеризовались как частично выполненными, так и полностью выполненными вторыми початками.

Исследования показали, что признак многопочатковости положительно коррелирует с высоким агрофоном в оптимальные по осадкам и температуре годы и менее выражен в засушливые и холодные. Все выделенные в результате опыта линии разделены по числу полноценных початков на стебле на группы по коэффициенту многопочатковости (табл. 1).

Наблюдения за динамикой роста коэффициента многопочатковости с увеличением вегетационного периода показывают, что оно имеет положительную корреляцию практически по всем многопочатковым линиям. У среднепоздних линий Тео6740 (п.к.-

4334), Тео674000 (п.к.-4333), Тео674 (п.к.-4365) урожай вторых початков не имеет существенных различий относительно первых початков за счет их синхронного цветения. Линии Тео6740; Тео674000 и их топкроссы с линией ГК26М показали, что урожай зерна вторых початков составил от общего объема 42–50%.

По результатам проведенного анализа линий и их топкроссов все линии можно разделить на 4 группы по способности передавать признак многопочатковости потомству в F₁ (табл. 2):

1 группа – линии, формирующие более 1 початка и дающие в комбинациях с однопочатковыми тестерами более 1 початка;

2 группа – линии, формирующие более 1 початка и дающие в комбинациях с однопочатковыми тестерами только 1 початок;

3 группа – линии, формирующие 1 початок и дающие в комбинациях с однопочатковыми тестерами более 1 початка;

4 группа – линии, формирующие 1 початок и дающие с однопочатковыми тестерами только 1 початок.



Рис. 2. Препарированные стебли четырехпочатковой кукурузы с асинхронным (слева) и синхронным (справа) цветением женских соцветий
Fig. 2. Dissected stems of four-ear maize with asynchronous (left) and synchronous (right) flowering of female inflorescences



Рис. 3. Различия в структуре морфологии початков у многопочатковой кукурузы с асинхронным (а) и синхронным (б) цветением початков

Fig. 3. Differences in the structure of the ear morphology in prolific maize with asynchronous (a) and synchronous (b) flowering of ears

Таблица 1. Распределение линий многопочатковой кукурузы с синхронным цветением початков по значению коэффициента многопочатковости ($k_{мп}$)
Table 1. Distribution of multiple-ear maize lines with synchronous flowering of ears according to the value of the prolificacy coefficient (k_{pr})

Значения, $k_{мп}$	Название линии	Число линий	CV, %
1,1–1,5	Teo67662; Teo67130; Teo67663; Teo6758; Teo671304; Teo67251; Teo671010; Teo671011; Teo6715; Teo6760; Teo67642; Teo6767; Teo67671; Teo6770; Teo6773; Teo6775	16	16,0
1,6–2,0	Teo6772; Teo6799; Teo679913; Teo679923; Teo679933; Teo67252	6	5,5
2,1–3,0	Teo6740; Teo671012; Teo67122; Teo671301; Teo671302; Teo671303; Teo67135; Teo671351; Teo67MP; Teo675	10	6,1
3,1–,0	Teo67143; Teo674000	2	3,3

Примечание: Линии, сформировавшие один и менее початков на стебле, в таблицу 1 не вошли и были отнесены к однопочатковым.

Анализ показал, что среди изученных линий выделяются генотипы, формирующие в гибридных комбинациях преимущественно многопочатковый (МП) тип растения. Такие генотипы представляют селекционную ценность. Выделение подобных линий и формирование на их основе синтетических популяций послужит источником создания доноров, в которых будет сконцентрирован весь комплекс генов, контролирующих признак многопочатковости. Длительный опыт работы с однопочатковыми тестерами показывает, что некоторые тестеры обладают различной склонностью формировать второй початок на высоком агрофоне. Возможно, что фенотипическое проявление этого признака, как и предполагалось ранее, контролируется генами с кумулятивным и полимерным действием. Поэтому сочетание в гибридных комбинациях этих комплексов способствует формированию растений преимущественно многопочаткового типа,

проявляющегося в полной мере в благоприятных условиях роста и развития. Возможно, что при проявлении многопочатковости в гибридных комбинациях также может проявляться гетерозисный эффект.

Таблица 2. Наследование признака многопочатковости в топкроссах у многопочатковых линий кукурузы с синхронным цветением початков
Table 2. Inheritance of the multiple-ear feature in topcrosses of prolific maize lines with synchronous flowering of ears

Группы доноров	Название линии	X_{cp} $k_{мт}$ по			$\pm X_{cp}$
		линиям	тестерам	гибридам	
1	Teo6758; Teo67662; Teo67130; Teo671304; Teo6740; Teo674; Teo674000; Teo67251; Teo67252	1,95	1,0	1,21	+0,21
2	Teo671010; Teo671011; Teo67351; Teo671301; Teo67122; Teo6772	1,05	1,0	1,0	
3	Teo6715; Teo67642; Teo6767; Teo6773; Teo679933; Teo671302; Teo671303; Teo67MP; Teo67143	1,00	1,0	1,16	+0,16
4	Teo6760; Teo67663; Teo67671; Teo6770; Teo6775; Teo6799; Teo679913; Teo679923; Teo671012; Teo67135; Teo675	1,00	1,0	1,00	

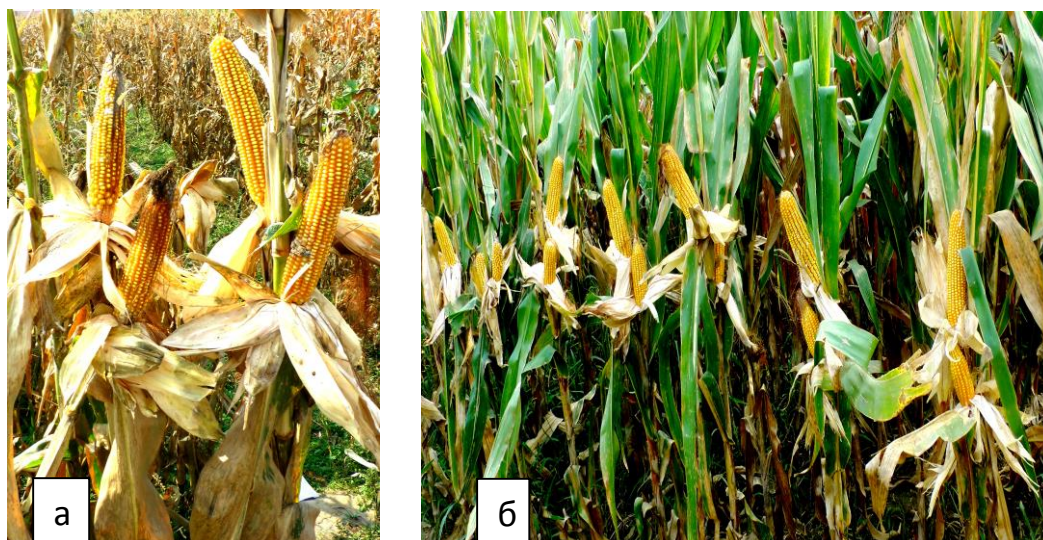


Рис. 4. Початки гибрида (ГК26М×Тео674000) (а) и двухпочатковой линии Тео674000 с синхронным цветением початков (б).

Fig. 4. Ears of a hybrid (GK26M × Teo674000) (a) and the two-ear line Teo674000 with synchronous flowering of ears (b)

Выводы

Многопочатковые линии кукурузы, созданные методом отдаленной гибридизации с теосинте, показали свою эффективность и селекционную значимость как доноры, передающие признак многопочатковости в комбинациях с однопочатковым стерильным тестером ГК26М.

Новые многопочатковые линии кукурузы характеризуются средним полиморфизмом признака многопочатковости ($CV = 16,0-3,3\%$) и имеют различия

по числу початков на растении. Коллекция доноров систематизирована на линии, формирующие **от одного до двух початков**: Тео67662 (п.к.-4349), Тео67130 (п.к.-4350), Тео67663 (п.к.-4351), Тео6758 (п.к.-4352), Тео671304 (п.к.-4353), Тео67251 (п.к.-4354), Тео671010 (п.к.-4355), Тео671011 (п.к.-4356), Тео6715 (п.к.-4357), Тео6760 (п.к.-4358), Тео67642 (п.к.-4359), Тео6767 (п.к.-4360), Тео67671 (п.к.-4361), Тео6770 (п.к.-4362), Тео6773 (п.к.-4363), Тео6775 (п.к.-4364), Тео6772 (п.к.-4344), Тео679913 (п.к.-4346), Тео679923 (п.к.-4366); Тео679933 (п.к.-4347); Тео67252 (п.к.-4348); Тео6799 (п.к.-4345); **от двух до трех початков**: Тео6740 (п.к.-4334), Тео671012 (п.к.-4335), Тео67122 (п.к.-4336), Тео671301 (п.к.-4337), Тео671302 (п.к.-4338), Тео671303 (п.к.-4339), Тео67135 (п.к.-4340), Тео671351 (п.к.-4341), Тео67MP (п.к.-4342), Тео675 (п.к.-4343); **от трех початков и выше**: Тео67143 (п.к.-4332), Тео674000 (п.к.-4333).

Выделены истинные доноры многопочатковости кукурузы, стабильно передающие признак в гибридной комбинации с однопочатковым тестером ГК26М: Тео6758 (п.к.-4352), Тео67662 (п.к.-4349), Тео67130 (п.к.-4350), Тео671304 (п.к.-4353), Тео6740 (п.к.-4334), Тео674 (п.к.-4365), Тео674000 (п.к.-4333), Тео67251 (п.к.-4341), Тео67252 (п.к.-4348), Тео6715 (п.к.-4357), Тео67642 (п.к.-4359), Тео6767 (п.к.-4360), Тео6773 (п.к.-4363), Тео679933 (п.к.-4347), Тео671302 (п.к.-4338), Тео671303 (п.к.-4339), Тео67MP (п.к.-4342), Тео67143 (п.к.-4332).

Линии многопочаткового и однопочаткового типа, не дающие в комбинации с однопочатковым тестером гибридов многопочаткового типа, отнесены к генотипам, не имеющим селекционной ценности по изученному признаку.

Фенотипическое проявление признака многопочатковости зависит от агроклиматических условий и места произрастания. Эффективность селекционного отбора по признаку многопочатковости кукурузы обусловлена качеством отбора на синхронность цветения мужских и женских соцветий при минимальном разрыве между цветением последних на верхних и нижних ярусах.

Работа выполнена в рамках государственного задания по тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0012 «Создание теории и методология оценки генетического разнообразия, генетической стабильности и генетической уязвимости сохраняемых в ex situ коллекциях и произрастающих in situ видов, сортов и популяций культурных растений и их диких родичей», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710370-0.

References / Литература

- Alexander D. Perspectives for the improvement of maize productivity. Theses, Krasnodar, 1977, p. 7 [in Russian] (Александр Д. Перспективы улучшения урожайности кукурузы с помощью селекции. В кн.: Тезисы докладов на IX заседании ЭУКАРПИИ. Краснодар, 1977. с. 7).
- Dospekhov B. A. The methods of field trials. Moscow : Kolos, 1979, p. 415 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Колос, 1979. 415 с.).
- Kazankov A. F. The section for two-ear maize varieties // Maize. 1972, no 5, 28 p. [in Russian] (Казанков А. Ф. Селекция двухпочатковой кукурузы. «Кукуруза». 1972. № 5. 28 с.).
- Khafefov E. B. Selection for maize prolific lines // Collection of works KBRSAI, Nalchik, 2008, pp. 69–74 [in Russian] (Хатефов Э. Б., Шорохов В. В., Кагермазов А. М. Селекция многопочатковой кукурузы // Сборник научных трудов КБНИИСХ. Нальчик, 2008. С. 69–74).
- Klyuchko P. F., Fesenko I. V. Selection for maize two-ear feature. Maize, 1983, no. I, pp. 28–30 [in Russian] (Ключко П. Ф., Фесенко И. В. Селекция кукурузы на двухпочатковость // Кукуруза. 1983. № I. С. 28–30).

- Kozubenko V. E.* Selection for maize two-ear feature. Agriculture, 1955, vol. 12, p. 58–64 [in Russian] (*Козубенко В. Е.* Селекция кукурузы на двухпочатковость // Земледелие. 1955. Вып. 12. С. 58–64).
- Lomanidze N. G.* Breeding of maize prolific lines and their application in hybrid maize selection : diss. ... kand.s.-kh. nauk. Tbilisi, 1984, 112 p. [in Russian] (*Ломанидзе Н. Г.* Получение многопочатковых линий и их использование в селекции гибридной кукурузы : дисс. ... канд. с.-х. наук. Тбилиси, 1984. 112 с.).
- Methodological guidelines for the selection of corn / VNIИ kukuruzy.* Moscow VASKHNIL, 1982. 56 p. [in Russian] (*Методические указания по селекции кукурузы / ВНИИ кукурузы.* М. : ВАСХНИЛ, 1982. 56 с.).
- Methodological guidelines for the study and maintenance of samples of the maize collection / sost. G. E. Schmarayev (ed.), G. V. Matveeva.* Leningrad : VIR, 1985 [in Russian] (*Методические указания. Изучение и поддержанию образцов коллекции кукурузы / сост. Г. Е. Шмараев (ред.), Г. В. Матвеева.* Л. : ВАСХНИЛ, 1985).
- Paplashvili G. M.* Multi-stem maize lines. Maize, 1973, № II, pp. 28–9 [in Russian] (*Папалашвили Г. М.* Многостебельно-многопочатковая кукуруза универсального направления // Кукуруза. 1973. № II. С. 28–2).
- Paritov A. Y.* Selection for maize prolific feature as one of the methods of productivity improvement // Journal of Samara University, 2010, vol. 12, no. 1/3, pp. 791–794 [in Russian] (*Паритов А. Ю.* Селекция на многопочатковость как один из методов повышения урожайности кукурузы // Изв. Самарского ИЦ РАН. 2010, Т. 12, №1/3. С. 791–794).
- Shabanov A. S.* Breeding of highly productive prolific maize hybrids in Zakatalskaya Zone of Azerbaidzhan : diss. ... kand. s.-kh. nauk. Baku, 1983, 179 p. [in Russian] (*Шабанов А. С.* Создание высокопродуктивных гибридов многопочатковой кукурузы в условиях Закатальской зоны Азербайджанской ССР : дисс. ... кан. с.-х. наук. Баку, 1983. 179 с.).
- Sokolov B. P., etc.* Selection of drought-resistant maize hybrids // In: "Creation of new hybrids and varieties of maize and winter wheat, Dnepropetrovsk, 1976, pp. 3–7 [in Russian] (*Соколов Б. П.* и др. Селекция засухоустойчивых гибридов кукурузы // В сб: Создание новых гибридов и сортов кукурузы и озимой пшеницы. Днепропетровск, 1976. С. 3–7).
- The wide unified CMEA classifier and the CMEA international classifier of species ZEA MAYS L. / Ed. V. G. Kukekov.* Leningrad : VIR, 1977. 82 p. [in Russian] (*Широкий Унифицированный и Международный классификатор СЭВ вида ZEA MAYS L. / под ред. В. Г. Кукеева.* М. : ВАСХНИЛ, 1977. 82 с.).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-224-234

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 634.2 634.7.

**М. М. Агаханов,
В. А. Волков,
П. С. Ульянич,
К. М. Абдуллаев,
Е. Н. Кислин**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: kislin@yandex.ru

Ключевые слова:

генетические ресурсы растений,
виноград, *ex situ* коллекции,
генетическая структура коллекции,
микросателлитные маркеры

Поступление:

20.09.2018

Принято:

19.09.2018

ПОЛИМОРФИЗМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ В КОЛЛЕКЦИИ ВИНОГРАДА ДАГЕСТАНСКОГО ФИЛИАЛА ВИР

Актуальность. В ампелографической коллекции на филиале Дагестанская опытная станция ВИР (ДОС ВИР) сохраняются образцы 320 сортов культурного и 25 экотипов дикорастущего винограда, разнообразные по происхождению и морфологическим признакам. Как и для любой коллекции генетических ресурсов, вопрос генетической паспортизации образцов винограда является весьма актуальным. Геном *Vitis vinifera* L. содержит множество полиморфных микросателлитных локусов, аллельное разнообразие которых может быть использовано для выявления генетической структуры коллекции, а также идентификации дублетов. В задачу настоящего исследования входило оценить уровень полиморфизма четырех микросателлитных локусов, ранее рекомендованных для целей сортовой идентификации у винограда, на материале ампелографической коллекции (ДОС ВИР). **Материалы и методы.** Анализ микросателлитных локусов проводился на основе ПЦР с опубликованными праймерами, размеры амплифицированных аллелей оценивали с использованием генетического анализатора НАНОФОР 05 (ИАП РАН, Россия). Результаты анализа обрабатывали с использованием программы Structure 2.3.4. Основные показатели полиморфизма локусов (коэффициент информативности PIC, гетерозиготность) определяли с использованием программы GenAlEx 6.2. **Результаты и заключение.** По результатам анализа полиморфизма четырех микросателлитных локусов VVS2, VVMD27, VVMD31, VVMD28, у 221 образца винограда коллекции ДОС ВИР отмечен высокий уровень гетерозиготности изученных локусов (0,50–0,83), число выявленных аллелей варьировало от 17 до 19, суммарно было выявлено 70 аллелей. Не удалось установить связь между комбинацией аллелей четырех микросателлитных локусов и принадлежностью образца к какой-либо эколого-географической группе или группе сортов. Для выявления генетической структуры коллекции необходимо вовлечение в анализ большего числа микросателлитных локусов.

IDENTIFICATION OF THE DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD
RELATIVES FOR SOLVING FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-224-234

ORIGINAL ARTICLE

M. M. Agakhanov,
V. A. Volkov,
P. S. Ulianich,
K. M. Abdullaev,
E. N. Kislin

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: kislin@yandex.ru

Key words:

plant genetic resources, grape, *ex situ* collections, genetic structure, microsatellite markers

Received:

20.09.2018

Accepted:

19.09.2018

**POLYMORPHISM OF MICROSATELLITE LOCI WITHIN
THE GRAPE GERMPLASM COLLECTION MAINTAINED
AT THE DAGESTAN EXPERIMENT STATION OF VIR**

Background. Ampelographical collection of the VIR experiment station in Dagestan comprises 320 accessions of grape cultivars and 25 ecotypes of wild grape species, that are highly polymorphic in their morphological traits. As for any other large germplasm collections, the problem of genetic identification of the accessions and their originality is critical for the ampelographical collection. Genome of *Vitis vinifera* L. contains many polymorphic microsatellite loci, their allele diversity could be used to reveal the genetic structure of the *ex situ* collection as well as for the identification of duplicates. The task of the study was to estimate the level of polymorphism of four microsatellite loci that were previously recommended for the genotyping purposes in grape. The grape collection of Dagestan experiment station of VIR was investigated. **Materials and methods.** The analysis of microsatellite loci was based on PCR with the primers that were published previously. The size of alleles was estimated with Nanophor 05 sequencer (Syntol, Moscow). The results of the collection screening with the microsatellite markers were analyzed with Structure 2.3.4 software. The main characteristics of microsatellite loci (Polymorphic Information Content, heterozygosity) were determined using GenAEx 6.2 program. **Results and conclusion.** The high level of polymorphism of the microsatellite loci VVS2, VVMD27, VVMD31, VVMD28 were detected when studying 221 accessions of the grape collection at the Dagestan experiment station. Heterozygosity of the loci was 0,50–0,83, the number of alleles per locus varied between 17 and 19, in total 70 alleles was detected. No relationship was detected between the allele combinations of accessions and their eco-geographical origin or any particular cultivar group. To reveal the genetic structure of the grape germplasm collection the larger number of SSR loci should be involved.

Введение

Ампелографическая коллекция на филиале Дагестанская опытная станция ВИР (ДОС ВИР), расположенная вблизи г. Дербента, была заложена в 1975 г. при участии П. М. Пирмагомедова и включала изначально 700 образцов: 300 дикорастущих форм и 400 сортов культурного винограда. Дикорастущие формы *Vitis vinifera* L. subsp. *sylvestris* (Gmelin) Hegi были собраны в ходе экспедиций по Кавказу в период 1970–80 гг. В дальнейшем, к концу 1990-х годов, коллекция сократилась до 350 образцов. Для культуры винограда всех сроков созревания, начиная от сверххранних и до очень поздних сортов, условия ДОС ВИР благоприятны в силу длительного безморозного периода, высоких сумм активных температур и низкой вероятностью снижения минусовых температур в зимнее время до критических значений. Случались исключения в виде холодной зимы 2012 года, когда февральские морозы опускались до -23°C , в результате чего некоторые сорта европейско-азиатского винограда (*V. vinifera*) пострадали в различной степени от низких минусовых температур.

В настоящее время коллекция винограда, поддерживаемая в живом виде на ДОС ВИР, включает 320 сортов культурного и 25 экотипов дикорастущего винограда, отличающихся по морфологическим признакам. Как и для любой коллекции генетических ресурсов, вопрос генетической паспортизации образцов винограда является весьма актуальным. В ампелографии традиционным методом идентификации сортов является анализ морфологических признаков, таких как форма, величина листьев, обооплодность цветка, размер, форма плотность грозди, величина, форма ягод, период их созревания и многие другие.

Новые возможности для сортовой идентификации и организации работы с коллекциями генетических ресурсов винограда появились с развитием технологий молекулярного маркирования и ДНК-секвенирования (Troggio et al., 2007). Первый шаг по внедрению ДНК-маркеров в практику сортовой идентификации был сделан в 2010 году, когда Международным союзом по охране новых сортов растений (UPOV) было разработано руководство по ДНК-профилированию сортов «Подбор молекулярных маркеров и создание баз данных» (Guidelines for DNA-Profilng..., 2010). В нем были сформулированы основные критерии для выбора методологии молекулярного маркирования ДНК: высокий уровень полиморфизма выбранных маркеров, воспроизводимость результатов в любой лаборатории и на любом оборудовании, высокая информативность, возможность документирования в базах данных, и в качестве рекомендаций – известная локализация на хромосомах, позволяющая избежать маркирования сцепленных локусов, а также предпочтение маркеров без «нулевых» аллелей. Микросателлитные маркеры (SSR, Single Simple Repeats) рассматривались в качестве наиболее полиморфных, легко считываемых, стабильных и кодоминантных (Akcaaya et al., 1992; Röder et al., 1995; Powell et al., 1996). В настоящее время, согласно UPOV, рекомендуемыми методами молекулярного маркирования для целей сортовой идентификации являются микросателлитные маркеры и одиночные нуклеотидные замены (SNP, Single Nucleotide Polymorphism). Оба метода отличаются воспроизводимыми результатами, независимыми от специфического оборудования или реактивов, которые можно воспроизвести в разных лабораториях, документировать и занести в базу данных.

Геном *V. vinifera* содержит множество микросателлитных локусов, в высшей степени полиморфных (Dokupilová et al., 2013). Исследованиями Thomas et al. (1993a) было показано, что в геноме винограда преобладают микросателлитные

локусы, содержащие дву- и трехнуклеотидные повторы (GT)_n, (GA)_n, (CAC)_n, (GACA)_n, (GATA)_n. При этом установлено, что повторы GA and GT наиболее многочисленны и распространены по всему геному. Позднее те же авторы сообщали, что для разработанных ими микросателлитных маркеров была выявлена высокая (69%–88%) степень гетерозиготности и высокий уровень межсортовой изменчивости (Thomas et al., 1993b). Анализ полиморфизма всего пяти микросателлитных локусов среди 26 сортов *V. vinifera* позволил выявить 13, 12, 8, 5, и 4 аллеля соответственно. Важным обстоятельством является тот факт, что последовательности геномной ДНК, фланкирующие микросателлитные повторы, являются довольно консервативными, позволяя использовать праймеры, разработанные для *V. vinifera*, также и для анализа других видов *Vitis*.

Задача настоящего исследования состояла в том, чтобы оценить уровень полиморфизма четырех микросателлитных локусов, ранее рекомендованных для целей сортовой идентификации у винограда, на материале ампелографической коллекции на филиале Дагестанская опытная станция ВИР.

Материал и методы исследования

ДНК выделялась из свежих листьев модифицированным СТАВ-методом с добавлением 2-меркаптоэтанола (Rahimah et al., 2006).

Навеску 0,16 г листьев, замороженных в жидком азоте, гомогенизировали с использованием вибрационной мельницы (Retsch MM 400, Германия) в стерильных центрифужных пробирках объемом 2 мл (Axugen, США). После измельчения к гомогенату добавляли 800 мкл СТАВ буфера (2% СТАВ w/v, 20 мМ EDTA, pH 8,0, 1,4 М NaCl, 100 мМ трис-HCl, pH 8,0, 5 мМ аскорбиновой кислоты, 4 мМ диэтилдитиокарбаминовой кислоты и 2% поливинилпирролидон-40) и 3,2 мкл 2-меркаптоэтанола. Смесь перемешивали и инкубировали в течение 30 мин в твердотельном термостате (Термит ДНК-технологии, Россия) при 60°C. После инкубации к смеси добавляли 800 мкл хлороформ-изоамиловой смеси (24 : 1), перемешивали на вортексе (Biosan, Латвия) и центрифугировали в течение 15 мин при температуре 20°C и 10000 об/мин. После центрифугирования верхнюю водную фазу переносили в стерильные пробирки объемом 2 мл. ДНК осаждалась из водной фазы добавлением 200 мкл ледяного изопропанола. Затем пробирки охлаждались при –20°C в морозильной камере в течение 1 ч и центрифугировались при 4°C и 12000 об/мин в течение 15 мин. Полученный осадок ДНК промывали в 200 мкл промывочного буфера (76% этанола, 10 мМ ацетата аммония). Осадок высушивали от остатков спирта и промывочного буфера и растворяли в 160 мкл ТЕ буфера – 10 мМ трис-HCl (pH 8,0) и 1 мМ ЭДТА (pH 8,0). В раствор ДНК добавляли 0,2 мкл РНКазы (10 мг/мл) и инкубировали при комнатной температуре в течение 20 мин. Далее в раствор добавляли 80 мкл 7,5М ацетата аммония (pH 7,7) и охлаждали на льду в течение 20 мин. Смесь центрифугировали в течение 15 мин при 12000 об/мин и 4°C. После центрифугирования супернатант переносили в стерильные микроцентрифужные пробирки объемом 1,5 мл и ДНК повторно осаждалась добавлением 600 мкл этанола. Раствор охлаждали в морозильной камере 1 ч при –20°C, центрифугировали при 12000 об/мин и 4°C в течение 15 мин. Супернатант удаляли, осадок промывали в 400 мкл 70% этанола. Осадок высушивали от остатков спирта и растворяли в 60 мкл ТЕ буфера. Полученная ДНК оценивалась на нано-спектрофотометре Implen N60 (Германия) и в 1% агарозном геле.

Для амплификации микросателлитных локусов использовали опубликованные праймеры (табл. 1) с флуоресцентными метками на 5' концах прямых праймеров.

Таблица 1. Праймеры микросателлитных локусов, использованные для генотипирования образцов винограда коллекции ДОС ВИР
Table 1. Primers of the microsatellite loci used for genotyping of grape accessions maintained at Dagestan Experiment Station of VIR

SSR локус	Праймер прямой	Праймер обратный	Литературный источник
VVS2	/FAM/ -CAGCCCGTAAATGTATCCATC	AAATTCAAAATTCTAATTCAACTGG	Thomas et al., 1993b
VVMD 27	/ROX/- GTACCAGATCTGAATACATCCGTAAGT	ACGGGTATAGAGCAAACGGTGT	Bowers et al., 1999
VVMD 31	/R6G/- CAGTGTTTTCTTAAAGTTTCAAGG	CTCTGTGAAAGAGGAAGAGACGC	Bowers et al., 1999
VVMD 28	/TAMRA/- AACAATTC AATGAAAAGAGAGAGAGAGA	TCATCAATTTCTGATCTCTATTTGCTG	Bowers et al., 1999

Полимеразно-цепную реакцию (ПЦР) проводили в амплификаторе Applied Biosystems GeneAmp PCR System 9700 (США). Реакционная смесь объемом 20 мкл содержала 1хПЦР буфера, 1,5 ммоль $MgCl_2$, 200 мкмоль каждого dNTPs, 2,5 пмоль каждого из праймеров, одну единицу Taq ДНК-полимеразы (Силекс, Москва) и 30–60 нг исследуемой ДНК. Амплификация проводилась в режиме touchdown: 5 мин при 94°C, далее 5 циклов (50 сек при 94°C, 50 сек при 62–57°C с понижением температуры отжига на 1°C за каждый цикл, 50 сек при 72°C), далее 32 цикла (50 сек при 94°C, 50 сек при 57°C, 50 сек при 72°C) с последующим охлаждением до 4°C.

Анализ размеров амплифицированных фрагментов проводили на генетическом анализаторе НАНОФОР 05 (ИАП РАН, Россия). Продукты амплификации, полученные для каждого растения с праймерами для четырех исследуемых локусов, смешивали и разводили в 100 раз. Детекционная смесь состояла из 1 мкл смеси разведенных продуктов амплификации, 1 мкл размерного стандарта (СД-450, Синтол, Россия) и 9 мкл Hi-Di формамида (Thermo Fisher, США). Смесь денатурировали при 95°C 5 мин и охлаждали во льду.

Полиморфизм микросателлитных локусов анализировали с помощью программы Structure 2.3.4 (Pritchard et al., 2000). Анализ в Structure 2.3.4 проводился с использованием следующих параметров: burn-in period 100 000, MCMC 600 000, admixture model, вероятное количество кластеров указывалось от 2 до 15.

Для каждого микросателлитного маркера был рассчитан коэффициент информативности (PIC, Polymorphic Information Content) по формуле $PIC = 1 - \sum(P_j)^2$, где P_j это частота встречаемости j -той аллели, суммированная для всех аллелей этого локуса у всех проанализированных генотипов в выборке. Показатели полиморфизма локусов в выборке определяли с использованием программы GenAlEx 6.2 (Peakall, Smouse, 2006).

Результаты и обсуждение

Генетическое разнообразие коллекции винограда филиала Дагестанская опытная станция ВИР

Изначально коллекция ДОС ВИР была заложена старинными дагестанскими аборигенными сортами, которые выращивались в Дагестане в течение нескольких столетий. Сейчас в коллекции насчитывается более 80 таких сортов, в том числе сорта народной селекции: 'Хатми', 'Эмчек изюм' («Козьи соски»), 'Гезен дай',

‘Сарах’, ‘Гюлле изюм’, ‘Баят капы’ («Старые ворота»), ‘Шавраны’, ‘Беневш чакрак’, ‘Хадисиль цибил’, ‘Марагинский черный’, ‘Риш баба черный’ и другие. К новым сорта местной дагестанской селекции относятся сорта, выведенные на Дербентской опытной станции садоводства, виноградарства и виноделия, такие как ‘Гимра новый’, ‘Мускат южнодагестанский’, ‘Самур’. Доля дагестанских сортов, аборигенных и выведенных недавно, составляет более 30% от общего числа всей коллекции. В основном они принадлежат к группе восточных сортов (*convar orientalis* Negr.), также как и сорта, полученные из Азербайджана, Узбекистана, Таджикистана, Туркмении, Ирана, число которых превышает 60 (Kislin, 2015).

Следует отметить, что местные дагестанские сорта неоднородны по своему происхождению и принадлежат трем известным группам сортов: западноевропейской, бассейна Черного моря и восточной. (Negrul', 1946)

Среди новых сортов, выведенных в Дагестане, есть гибриды, полученные в результате внутривидового скрещивания *V. vinifera*, например, сорт ‘Слава Дербента’, полученный в Северокавказском федеральном научном центре садоводства, виноградарства, виноделия.

В 1980-х годах коллекция пополнилась сортами европейского происхождения, которые относятся к группе западноевропейских сортов (*convar occidentalis* Negr.) и достаточно широко распространены во Франции, Испании, Португалии, Германии и Молдавии. В частности, в коллекции имеются сорта, полученные из Франции: ‘Шасла мускатная’, ‘Алиготе’, ‘Мозак белый’, ‘Пино серый’, ‘Пино черный’. Имеются в коллекции и малораспространенные сорта, например, винный позднеспелый сорт ‘Донзелино’, интродуцированный из Португалии, а также сорт универсального назначения ‘Гран нуар де ля Кальмет’ – из Франции.

Достаточно широко в коллекции представлены образцы европейско-азиатского винограда восточной группы сортов, полученных еще в советское время из бывших среднеазиатских республик СССР: Узбекистана, Туркмении, Таджикистана и Киргизии. В частности, из Узбекистана были интродуцированы 27 сортов, среди которых ‘Мускат узбекистанский’, ‘Кишмиш ВИРа’, ‘Волго-Дон’, ‘Ранний ВИРа’, а также ‘Кишмиш Хишрау’, автором которого был известный специалист в области ампелографии К. В. Смирнов. Генофонд винограда Туркмении, Азербайджана, Ирана и Таджикистана представлен 24 сортами преимущественно восточной группы, среди которых некогда популярные и широко возделываемые на территории СССР: ‘Тагоби’, ‘Нимранг’, ‘Баян Ширей’, ‘Матраса’.

В ампелографической коллекции станции присутствуют и крымские сорта из коллекции Института вина и винограда «Магарач». Среди них аборигенные сорта Крыма ‘Мускат черный’ и ‘Сафта Дурмаз’, а также сверххранный сорт ‘Ранний Магарача’, получивший самое широкое распространение не только в южных, но и в более северных районах виноградарства благодаря своему очень раннему созреванию. В коллекции присутствует новый сорт ‘Шоколадный’ крымской селекции, который отличается не только повышенной устойчивостью к болезням, но и способностью к длительному хранению урожая (Troshin et al., 2010).

В коллекции ДОС ВИР представлен также генофонд винограда, полученный советскими селекционерами К. П. Скуиня, Я. И. Потапенко, А. Я. Кузьминым, И. М. Филиппенко и другими, работавшими в ТСХА, ВНИИВиВ (Новочеркасск), ЦГЛ им. И. В. Мичурина. В частности, в коллекции присутствует редкий для российских ампелографических коллекций сорт ‘Тамбовский ранний’, а также широко распространенные европейско-амурские гибриды, например, ‘Платовский’, ‘Муромец’, ‘Агат донской’. Пополняют список коллекции стародавние аборигенные сорта, завезенные из Аравии, к которым относятся

широко известные ‘Тайфи розовый’ и ‘Мускат александрийский’ (Kats, 1955; Negrul', 1954).

В коллекции сохранились мичуринские сорта ‘Русский Конкорд’ и ‘Сеянец Маленгра’, которые в 1930-50-х годах использовались последователями И. В. Мичурина в качестве доноров устойчивости к низким температурам при выведении новых сверххранних сортов для районов северного виноградарства. Также имеются 24 сорта, полученные из Грузии и Армении. Это знаменитый грузинский сорт ‘Мцване кахетинский’, относящийся к сортам бассейна Черного моря, а также поздносозревающий армянский сорт ‘Мсхали’, относящийся в группе восточных сортов (Sesiashvili, Tabidze, 1954; Azizian, Mkrtchan, 1954).

Результаты микросателлитного анализа

В проведенном исследовании 221 образец винограда коллекции ДЭС ВИР был проанализирован на предмет полиморфизма четырех микросателлитных локусов VVS2, VVMD27, VVMD31, VVMD28, ранее рекомендованных для целей сортовой идентификации у винограда (Thomas et al., 1993b; Bowers et al., 1999). Число выявленных аллелей, гетерозиготность (процент выявленных гетерозигот к общему числу проанализированных растений) для каждого микросателлитного локуса представлены в таблице 2.

Таблица 2. Изменчивость микросателлитных локусов по результатам генотипирования 221 образца винограда коллекции ДЭС ВИР
Table 2. Variability of the microsatellite loci revealed by genotyping of 221 grape accessions maintained at Dagestan Experiment Station of VIR

Локус	VVS2	VVMD27	VVMD31	VVMD28
Число аллелей	17	17	17	19
Гетерозиготность	0,836	0,675	0,723	0,503
Размер фрагментов (пн)	121-169	172-212	196-250	218-276
PIC, Polymorphic Information Content	0,87	0,85	0,80	0,87

Как следует из таблицы 2, в общей сложности для четырех проанализированных микросателлитных локусов было выявлено 70 аллелей. Для каждого маркера был рассчитан коэффициент информативности PIC, значения которого были достаточно высоки и варьировали в пределах 0,80–0,87. Частота встречаемости аллелей каждого локуса среди 221 образца винограда представлена на рисунке 1.

Генетическая структура коллекции винограда ДЭС ВИР по данным полиморфизма микросателлитных локусов была проанализирована с помощью программы Structure 2.3.4, основанной на вероятностной модели Бейса (Bayesian method). Метод позволяет обнаружить генетическую структуру популяции, размещая отдельные индивидуумы в наиболее вероятное число кластеров (K), в пределах которых отклонение от равновесия Харди-Вайнберга было бы минимальным. Вероятность числа кластеров в изучаемой выборке (K) оценивалась в диапазоне от 1 до 15, для каждого значения K выполнялось 10 повторов анализа. Наиболее вероятное число кластеров (K), то есть объективно обособленных генетических групп в изучаемой выборке, определялось согласно алгоритму, предложенному Evanno et al. (2005) и оказалось равным двум (рис. 2).

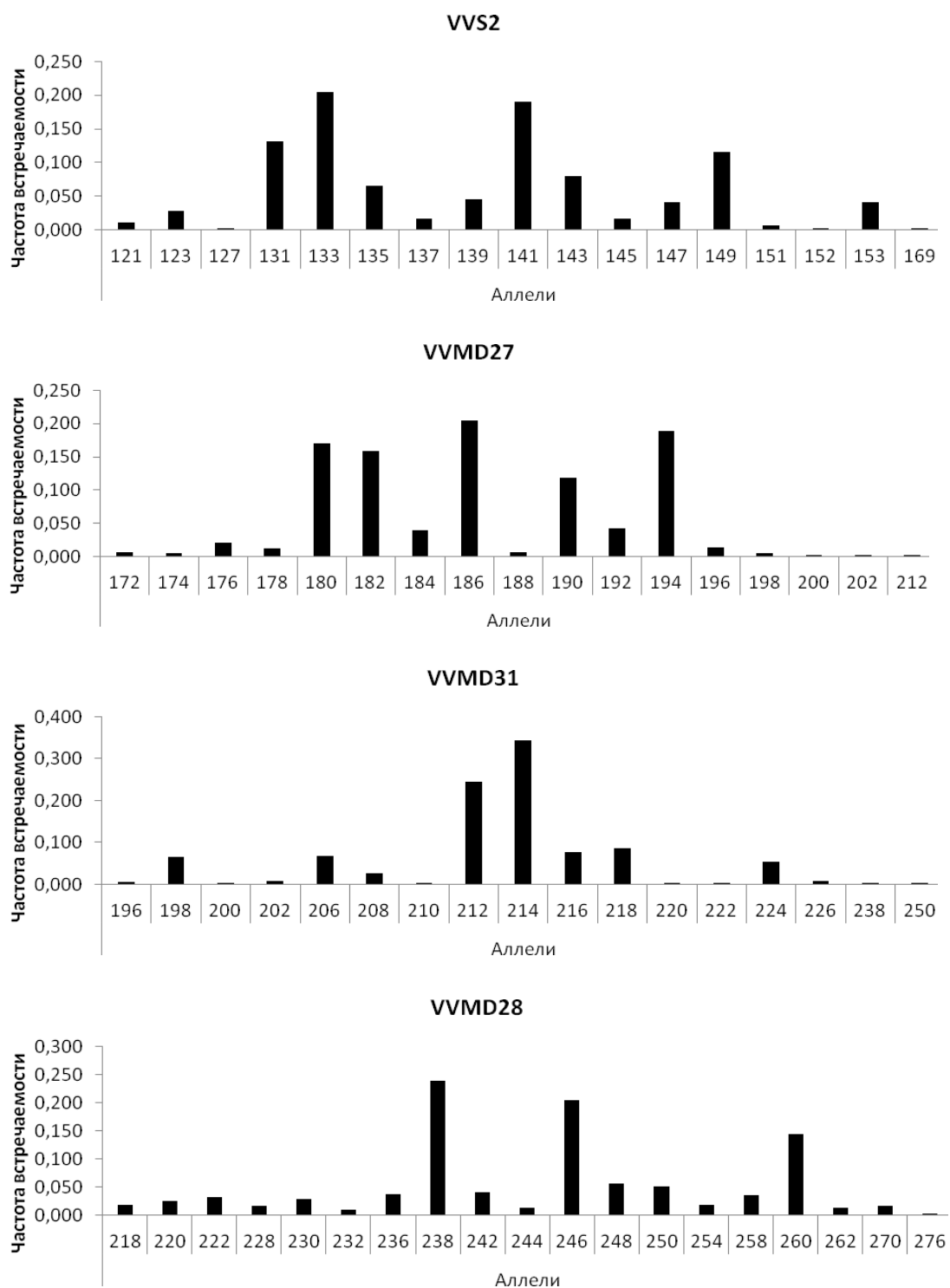


Рис. 1. Частота встречаемости аллелей микросателлитных локусов VVS2, VVMD27, VVMD31, VVMD28 среди образцов винограда коллекции ДОС ВИР

Fig. 1. Allele frequencies of SSR loci among grape accessions maintained at Dagestan Experiment Station of VIR

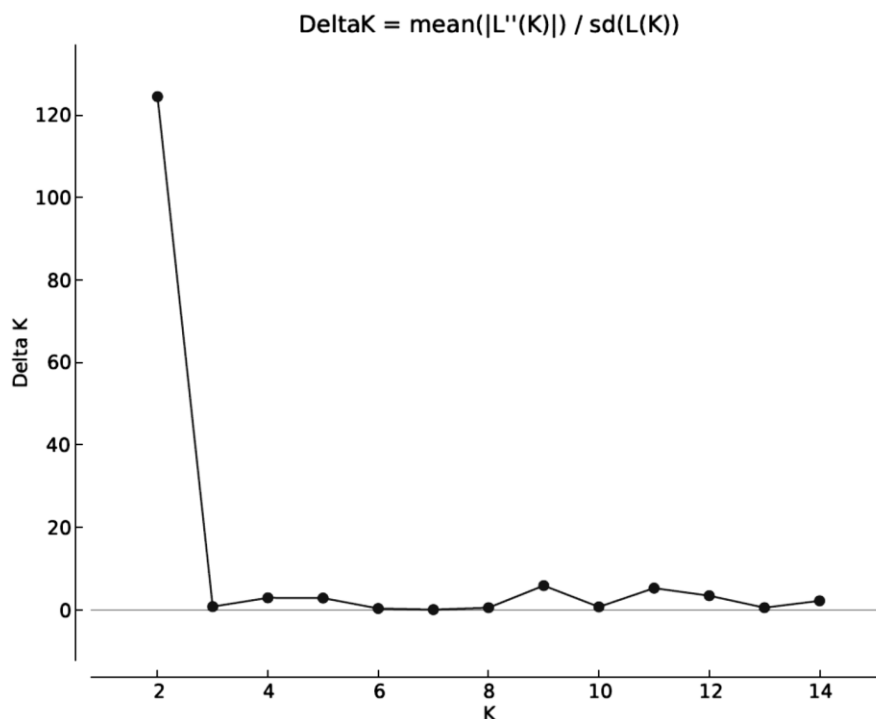


Рис. 2. Вероятность числа кластеров (K) – генетически обособленных групп – среди 221 образца коллекции винограда ДЭС ВИР по результатам генотипирования по 4 микросателлитным локусам

Fig. 2. Probability of number of clusters (K), the genetically segregated groups, among 221 grape accessions maintained at the Dagestan Experiment Station of VIR

Таким образом, огромное разнообразие изучаемой коллекции как по происхождению, так и по морфологическим признакам образцов, не отражается в результатах анализа полиморфизма четырех микросателлитных локусов, несмотря на высокую степень их гетерозиготности, и показателей PIC. Это свидетельствует о том, что для культуры винограда степень генетического сходства образцов можно оценить объективно, лишь вовлекая в анализ большое число полиморфных локусов, равномерно распределенных по геному. Анализ изменчивости лишь четырех микросателлитных локусов, даже очень полиморфных, не позволяет выявить генетическую структуру изучаемой ампелографической коллекции.

С другой стороны, в процессе исследования были выявлены случаи явных неточностей в идентификации образцов винограда изучаемой коллекции. Так, например, образец с названием сорт 'Изабелла' имел генетический профиль, идентичный выявленному для образцов дикорастущего вида *V. sylvestris* W. Bartram. Сходный с «дикарями» набор аллелей был выявлен и у сортов 'Тамбовский ранний', 'Ливадийский черный', относящихся к группе европейско-амурских гибридов. Подобные случаи описывались по результатам анализа зарубежных коллекций, так, Labra et al. (2002) сообщали, что среди 19 наиболее распространенных староместных испанских сортов, проанализированных по 12 микросателлитным локусам, были обнаружены «разные» сорта, совершенно идентичные по результатам генотипирования, и, наоборот, под одним и тем же названием сорта обнаруживались совершенно различные генотипы.

В литературе накоплено много примеров попыток провести сортовую идентификацию или установить происхождение сортов винограда

с использованием микросателлитного анализа. Moreno-Sanz et al. (2011) проанализировали 293 образца из виноградников северных районов Испании, задействовав 9 локусов. Все проанализированное разнообразие свелось к 42 различающимся генотипам. Только 27 из них оказались идентичными зарегистрированным сортам, внесенным в национальные базы данных. Возможно, вовлечение в анализ большего числа локусов повысило бы точность анализа и выявило большее разнообразие изученных сортов. Авторы сообщали, что несмотря на явную генетическую эрозию генофонда староместных испанских сортов, изменчивость микросателлитных локусов оказалась гораздо выше ожидаемой.

Заключение

Ампелографическая коллекция на филиале Дагестанская опытная станция ВИР содержит большое разнообразие как староместных дагестанских сортов, так и сортов западноевропейского и азиатского происхождения, а также образцы дикорастущих видов, собранных в экспедициях ВИР по Кавказу. Для полного и объективного описания этого генетического разнообразия на уровне ДНК могут быть использованы микросателлитные маркеры, демонстрирующие высокий уровень полиморфизма, отраженный в показателях гетерозиготности и коэффициента информативности PIC. Несмотря на полиморфизм, число анализируемых микросателлитных локусов является критичным для определения генетической структуры коллекции образцов винограда. Даже если общее число аллелей, по которым проводится анализ, достаточно велико, имеет значение, сколько локусов было проанализировано. В проведенном исследовании анализ 70 аллелей 4 микросателлитных локусов, ранее рекомендованных для сортовой идентификации винограда, не позволил выявить какой-либо связи между генотипом образца и его происхождением согласно паспортным данным. С другой стороны, не исключены ошибки в названиях, присвоенных образцам на основании морфологических признаков.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0012 «Создание теории и методологии оценки генетического разнообразия генетической стабильности и генетической уязвимости сохраняемых в ex situ коллекциях и произрастающих in situ видов, сортов и популяций культурных растений и их диких родичей», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710364-9.

References/Литература

- Akkaya M. S., Bhagwat A. A., Cregan P. B. Length polymorphisms of simple sequence repeat DNA in soybean // *Genetics*, 1992, vol. 132. pp. 1131–1139.
- Azizian E. G., Mkrтчan Sh. M. Mskhali // *Ampelografiya SSSR (Ampelography of the USSR)*. Moscow, 1954, vol. 4: Chastnaya ampelografiya. Standartny'e i perspektivny'e sorta vinograda [Private ampelography. Standard and perspective grape varieties], pp. 118–127. (Азизян Э. Г., Мкртчан Ш. М. Мсхали // *Ампелография СССР*. М., 1954. Т. 4: Частная ампелография. Стандартные и перспективные сорта винограда. С. 118–127).
- Bowers J. E., Dangl G. S., Meredith C. P. Development and characterization of additional microsatellite DNA markers for grape // *American Journal of Enology and Viticulture*, 1999, vol. 50, no. 3. pp. 243 – 246.
- Dokupilová I., Šturdíka E., Mihálik D. Characterization of vine varieties by SSR markers // *Acta Chimica Slovaca*, 2013, vol. 6, no. 2, pp. 227–234.

- Evanno G., Regnaut S., Goudet J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study // *Mol. Ecol.*, 2005, vol. 14. pp. 2611–2620.
- Guidelines for DNA-Profiling: Molecular Marker Selection and Database Construction (“BMT Guidelines”) UPOV/INF/17/1. http://www.upov.int/en/publications/information_documents_index.htm
- Kats Ya. F. Tayfi rozovyy // *Ampelografiya SSSR (Ampelography of the USSR)*. Moscow, 1955, vol. 5 : Chastnaya ampelografiya. Standartny'e i perspektivny'e sorta vinograda [Private ampelography. Standard and perspective grape varieties], pp. 414–422 [in Russian] (Кац Я. Ф. Тайфи розовый // *Ампелография СССР*. М., 1955. Т. 5 : Частная ампелография. Стандартные и перспективные сорта винограда. С. 414–422).
- Kislin E. N., Nosulchak V. A., Dzyubenko N. I. Ampelographic collection of the Vavilov Institute: past, present and future // *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2015, no. 3, pp. 14–16 [in Russian] (Кислин Е. Н., Носульчак В. А., Дзюбенко Н. И. Ампелографическая коллекция ВИР им. Н. И. Вавилова. Прошлое, настоящее и будущее // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2015. № 3. С. 14–16).
- Labra M., Moriondo G., Schneider A., Grassi F., Failla O., Scienza A., Sala F. Biodiversity of grapevines (*Vitis vinifera* L.) grown in the Aosta Valley // *Vitis*, 2002, vol. 41 (2), pp. 89–92.
- Moreno-Sanz P., Loureiro M. D., Suárez B. Microsatellite characterization of grapevine (*Vitis vinifera* L.) genetic diversity in Asturias (Northern Spain) // *Sci. Hortic.*, 2011, vol. 129, pp. 433–440.
- Negrul' A. M. Muskat aleksandriyskiy // *Ampelografiya SSSR (Ampelography of the USSR)*. Moscow, 1954, vol. 4 : Chastnaya ampelografiya. Standartny'e i perspektivny'e sorta vinograda [Private ampelography. Standard and perspective grape varieties], pp. 149–167 [in Russian] (Негрুলь А. М. Muskat александрийский // *Ампелография СССР*. М. 1954. Т. 4 : Частная ампелография. Стандартные и перспективные сорта винограда. С. 149–167).
- Negrul' A. M. Proiskhozhdenie kulturnogo vinograda i ego klassifikatsiya [Negrul' A. M. Origin of cultivated grapevines and their classification] // *Ampelografiya SSSR (Ampelography in the USSR)*. Moscow, 1946, vol. 1 : Obshchaya ampelografiya (General ampelography), pp. 159–216 [in Russian] (Негрুলь А. М. Происхождение культурного винограда и его классификация // *Ампелография СССР*. 1946. Т. 1 : Общая ампелография. С. 159–216).
- Peakall R. O. D., Smouse P. E. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // *Molecular ecology notes*. 2006, vol. 6, no. 1, pp. 288–295.
- Powell W., Machray G. C., Provan J. Polymorphism revealed by simple sequence repeats // *Trends Plant. Sci.*, 1996, vol. 1, pp. 215–221.
- Pritchard J. K. Inference of population structure using multilocus genotype data // *Genetics*. 2000, vol. 155, pp. 945–959.
- Rahimah A. B. et al. Freeze-drying of oil palm (*Elaeis guineensis*) leaf and its effect on the quality of extractable DNA // *J. Oil Palm Res.*, 2006, vol. 18., pp. 296–304.
- Röder M. S., Plaschke J., König S. U., Börner A., Sorrells M. E., Tanksley S. D., Ganai M. W. Abundance, variability and chromosome location of microsatellites in wheat // *Mol. Gen. Genet.*, 1995, vol. 246, pp. 327–333.
- Sesiashvili A. L., Tabidze D. I. Mczvane kaxetinskij // *Ampelografiya SSSR (Ampelography of the USSR)*. Moscow, 1954, vol. 4 : Chastnaya ampelografiya. Standartny'e i perspektivny'e sorta vinograda [Private ampelography. Standard and perspective grape varieties], pp. 302–317 [in Russian] (Сесиашивили А. Л., Табидзе Д. И. Мцване кахетинский // *Ампелография СССР*. М., 1954. Т. 4 : Частная ампелография. Стандартные и перспективные сорта винограда. С. 302–317).
- Thomas M. R., Matsumoto S., Cain P., Scott N. S. Repetitive DNA of grapevine: classes present and sequences suitable for cultivar identification // *Theoretical and Applied Genetics*, 1993a, vol. 86, pp. 173–180.
- Thomas M. R., Scott N. S. Microsatellite repeats in grapevine reveal DNA polymorphisms when analysed as sequence-tagged sites (STSS) // *Theoretical and Applied Genetics*, 1993b, vol. 86, no. 8, pp. 985–990.
- Troggio M. et al. A dense single-nucleotide polymorphism based genetic linkage map of grapevine *Vitis vinifera* L. anchoring Pinot Noir bacterial artificial chromosome contig // *Genetics*, 2007, vol. 176, pp. 2637–2650.
- Troshin L. P., Radchevskiy P. P., Simonova N. L. Innovations of wine growing in Russia. 11. The characteristics of perspective sorts of grapes // *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2010, no. 55, pp. 222–227 [in Russian] (Трошин Л. П., Радчевский П. П., Симонова Н. Л. Новации виноградарства России. 11. Характеристики перспективных сортов винограда // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2010. № 55. С. 222–227).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-235-239

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК.633.111.1:547.96:543.545.2

**Е. В. Зув,
Т. И. Пенева,
Н. М. Мартыненко,
А. Н. Брыкова,
Е. Ю. Кудрявцева**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: e.zuev@vir.nw.ru

Ключевые слова:

яровая мягкая пшеница, сорт,
электрофоретический спектр
глиадина, идентификация

Поступление:

25.05.2018

Принято:

19.09.2018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФЕРЕЗА БЕЛКОВ ЗЕРНА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ВИР

Актуальность. В отделе генетических ресурсов пшеницы ВИР наряду с активными коллекциями, находящимися в живом состоянии, хранятся также в качестве эталонов оригиналы образцов. В процессе размножения и восстановления всхожести коллекций пшеницы необходим постоянный контроль за сортовой чистотой и подлинностью репродуцируемого образца. Для этой цели используют разновидности, которые описывают комплексы морфологических признаков колоса и зерновки. Однако иногда возникает необходимость проверить соответствие текущей репродукции образца его оригиналу. В этом случае электрофоретические спектры глиадина являются надежными маркерами в идентификации сортов и биотипов пшеницы. **Материалы и методы.** В исследование были включены 7 образцов яровой мягкой пшеницы: 3 – для сорта ‘Рубин’ и 4 – для сорта ‘Новинка’. Идентификация сортов методом электрофореза запасного белка глиадина проведена по общепринятой методике. **Результаты и выводы.** В результате сравнения электрофоретических спектров глиадина образцов из коллекции генетических ресурсов растений ВИР с аналогичными образцами из других генбанков мира были восстановлены утерянные сорта ‘Рубин’ (Швеция) и ‘Новинка’ (Россия).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-235-239

ORIGINAL ARTICLE

**E. V. Zuev,
T. I. Peneva,
N. M. Martynenko,
A. N. Brykova,
E. Yu. Kudryavtseva**

N. I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: e.zuev@vir.nw.ru

Key words:

spring bread wheat, cultivar, gliadin
electrophoretic banding pattern

Received:

25.05.2018

Accepted:

19.09.2018

USING GRAIN PROTEIN ELECTROPHORESIS TO CONTROL THE GENETIC INTEGRITY OF SPRING BREAD WHEAT ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Background. VIR's Department of Wheat holds the collections of viable accessions and its originals. The process of reproduction and restoration of germination ability in wheat collections requires monitoring of varietal purity and integrity. For this purpose, botanical varieties that describe sets of morphological characteristics of the spike and grain are used. However, sometimes it is necessary to check the conformity of a variety with its original accession. In this case, the gliadin electrophoretic banding patterns are reliable markers in identifying cultivars and biotypes of wheat. **Materials and methods.** The study included 7 accessions of spring bread wheat: 3 for the cultivar ‘Rubin’ and 4 for the cultivar ‘Novinka’. Identification of accessions by electrophoresis of gliadin storage protein was carried out according to the generally accepted method. **Results and conclusions.** Comparison of gliadin electrophoretic banding patterns of the varieties from the VIR collection of plant genetic resources with analogous accessions from other genebanks of the world resulted in the recovery of the lost varieties ‘Rubin’ (Sweden) and ‘Novinka’ (Russia).

Введение

В отделе генетических ресурсов пшеницы Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) наряду с активными коллекциями, находящимися в живом состоянии, хранятся также в качестве эталонов оригиналы образцов. В процессе размножения и восстановления всхожести коллекций пшеницы необходим постоянный контроль за сортовой чистотой и подлинностью репродуцируемого образца. Для этой цели используют разновидности, которые описывают комплексы морфологических признаков колоса и зерновки (Zuev et al., 2013). Однако даже при соблюдении всех методик размножения, возможна потеря жизнеспособности некоторых образцов. В связи с этим в отделе генетических ресурсов пшеницы проводится систематическая работа по восстановлению утерянных или проблемных образцов коллекции. Для этого по выписке мы получаем необходимый материал из зарубежных открытых генбанков. Иногда возникает необходимость проверить соответствие присланного образца его оригиналу, хранящемуся в ВИР, но потерявшему всхожесть. В этом случае возможно использовать молекулярные маркеры.

В отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР ежегодно проводятся исследования по контролю генетической целостности образцов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), исключению дублетов и ошибок при репродуцировании (Gubareva et al., 2012). В качестве маркеров для идентификации сортов пшеницы были использованы электрофоретические спектры глиадинов (Konarev et al., 2000). В данной работе приведены результаты исследования и сравнения спектров групп образцов, в результате которых были восстановлены два сорта в коллекции яровой мягкой пшеницы ВИР.

Материал и методика исследования

В исследование были включены 7 образцов яровой мягкой пшеницы. Группа шведского сорта 'Рубин' была представлена тремя образцами: NGB-6678 из Нордического генбанка, к-38203 и к-23698 из коллекции ВИР. Группа российского сорта 'Новинка' включала четыре образца: TRI 4921 из генбанка в Гатерлебене, PI 191351 из Американского генбанка, PL 20522 из Польского генбанка и к-21971 из коллекции ВИР (табл. 1).

Таблица 1. Образцы яровой мягкой пшеницы, включенные в исследование спектров глиадина
Table 1. Spring bread wheat accessions included in the study of gliadin spectra

Номер каталога	Генбанк	Название образца	Репродукция
NGB-6678	Norgen	Rubin	Пушкин, 2013
к-38203	ВИР	Рубин	Пушкин, 2013
к-23698	ВИР	Rubin	Оригинал, 1940
TRI 4921	IPK, Gatersleben	Novinka	Пушкин, 2008
PI 191351	NSGC	Novinka	Пушкин, 2014
PL 20522	NCPGR	Novinka	Павловск, 2017
к-21971	ВИР	Новинка	Пушкин, 1958

Исследования были проведены в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР в период с 2008 по 2017 гг. Электрофорез глиадина проводили в вертикальных пластинах 6,5% полиакриламидного геля в ацетатном буфере pH 3,1 по методике ВИР. Глиадин выделяли из единичных зерновок. Случайная выборка составляла

20–30 зерновок. Идентификацию компонентов и запись спектров глиаина в виде формул проводили по эталонному спектру в соответствии с принятой номенклатурой. В тех случаях, когда компоненты были представлены двумя или тремя субкомпонентами, для их обозначения использовали нижние индексы при сохранении основной позиции компонента. Очень слабые по интенсивности компоненты обозначали подчеркиванием компонента, очень интенсивные были выделены жирным шрифтом, средние по интенсивности компоненты представлены обычным шрифтом (Konarev et al., 2000).

Результаты и обсуждение

В 2012, 2013 гг. в отделе ГР пшеницы ВИР выполнялись работы по международному проекту «Выявление дублетов яровой мягкой пшеницы из скандинавских стран, представленных в коллекции генетических ресурсов растений ВИР (Уникальная научная установка (УНУ, регистрационный номер USU_505851) и Нордическом генбанке (Швеция)». Образцы с одинаковыми названиями, имеющиеся в двух генбанках, высевались парами на полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Было установлено, что сорт ‘Рубин’ из Нордического генбанка отличался от вировского образца. Шведский ‘Рубин’ (NGB-6678) относится к разновидности *var. lutescens* (Alef.) Mansf. (колос безостый, колосковая чешуя неопушенная белая, зерно красное), а из коллекции ВИР (к-38203) – к *var. ferrugineum* (Alef.) Mansf. (колос остистый, колосковая чешуя неопушенная красная, зерно красное). Образец к-38203 поступил в коллекцию в 1941 г. из Рижского института защиты растений от профессора Раскина. Сорт под названием «Рубин» был собран в районе Валмиера сел. Рагпурини (в настоящее время район Лимбажи). Изначально происхождение образца было – Латвия. Однако в середине 1960-х годов сотрудниками отдела пшеницы происхождение было изменено на «Швеция» по непонятным причинам. При просмотре оригиналов яровой мягкой пшеницы был обнаружен пакет к-23698 (номер был ликвидирован после Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.), на котором значилось – сорт ‘Рубин’, Швеция, *var. lutescens*. При анализе спектров глиаина было установлено, что образцы NGB-6678 и к-23698 однородны и идентичны, а образец к-38203 сильно отличается от них (табл. 2). Таким образом, в коллекции ВИР под номером к-23698 был восстановлен шведский сорт ‘Рубин’ из Нордического генбанка. Для образца к-38203 были внесены изменения в паспортные данные: происхождение – Латвия, статус образца – местный сорт.

Таблица 2. Белковые формулы спектров сорта Рубин
Table 2. Gliadin formulas of the cultivar Rubin

Номер каталога, название образца, происхождение, репродукция	Формула глиаина			
	α	β	γ	ω
к-38203, местный сорт (Латвия), П-2013	5 7	2 4 ₁ 5 ₂	1 3 ₂ 5 ₂	4 ₁ 4 ₂ 6 ₂ 7 8 ₁ 9
NGB-6678, Рубин (Швеция), П-2013	3 4 5	2 4 5	1 3 4	1 2 4 6 8 9 10
к-23698, Рубин (Швеция), оригинал 1940 г.	3 4 5	2 4 5	1 3 4	1 2 4 6 8 9 10

Другие исследования были проведены для сорта яровой мягкой пшеницы ‘Новинка’ (к-21971). Сорт ‘Новинка’ был создан В. Е. Писаревым на Ленинградской селекционной станции и находился в производстве с 1926 по 1949 гг. Родословная сорта: Preston × Prelude, разновидность – var. *erythrosperrum* Korn. (колос остистый, колосковая чешуя неопушенная белая, зерно красное). Сорт в коллекции ВИР был утерян в начале 1970-х годов. При поиске этого сорта в генбанках мира были сделаны запросы и получены образцы из Германии – Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK, Gatersleben), США – National Small Grains Collection (NSGC) и из Польского генбанка – National Centre for Plant Genetic Resources: Polish Genebank (NCPGR). Для всех запрашиваемых образцов по документации генбанков донором был ВИР. Образец из Немецкого генбанка (TRI 4921), высеянный в 2008 г. на Пушкинских полях института, по морфологическим характеристикам соответствовал описанию сорта ‘Новинка’. При сравнении спектров глиаина образца TRI 4921 и хранящегося в ВИР оригинала репродукции – Пушкин 1958 г., были установлены небольшие различия по зоне ω (табл. 3).

В 2014 г. на полях института в Пушкине был изучен образец сорта ‘Новинка’, полученный из США (PI 191351). Сорт был среднерослым, разновидность *erythrosperrum*. Спектр глиаина образца PI 191351 отличался от спектра образца вировской репродукции – Пушкин 1958 г. по α -зоне (см. табл. 3). В связи с этим американский образец был выбракован.

В 2016 г. из Польского генбанка был получен сорт ‘Новинка’ (PL 20522). После высева образца на Павловском карантинном питомнике ВИР была изучена репродукция 2017 г. Спектр глиаина образца PL 20522 оказался идентичен репродукции Пушкин 1958 г. В результате проведенных исследований в коллекции ВИР был восстановлен российский сорт ‘Новинка’, отсутствующий в живом состоянии с 1979 г.

Таблица 3. Белковые формулы спектров сорта Новинка
Table 3. Gliadin formulas of the cultivar Novinka

Номер каталога, генбанк, репродукция	Формула глиаина			
	α	β	γ	ω
к-21971, ВИР, Пушкин 1958 г.	$\overline{5}67_1$	$\underline{2}3_1 \underline{4}5_$	$\underline{1}34$	$\overline{2}4_1 \overline{5}6 \overline{7}_1 \overline{8}9_2$
PL 20522, NCPGR, Павловск 2017 г.	$\overline{5}67_1$	$\underline{2}3_1 \underline{4}5_$	$\underline{1}34$	$\overline{2}4_1 \overline{5}6 \overline{7}_1 \overline{8}9_2$
TRI 4921, IPK, Пушкин 2008 г.	$\overline{5}67_1$	$\underline{2}3_1 \underline{4}5_$	$\underline{1}34$	$24_1 \overline{5}6 \overline{7}_1 89_2 10$
PI 191351, NSGC, Пушкин 2014 г.	$\overline{2}4 \underline{6}7_1$	$\underline{2}3_1 \underline{4}5_$	$\underline{1}34$	$\overline{2}4_1 \overline{5}6 \overline{7}_1 \overline{8}9_2$

Выводы

В результате сравнения электрофоретических спектров глиаина образцов из коллекции генетических ресурсов растений ВИР с аналогичными образцами из других генбанков мира были восстановлены утерянные сорта яровой мягкой пшеницы ‘Рубин’ (Швеция) и ‘Новинка’ (Россия). Также считаем целесообразным вести поиск в открытых генбанках мира проблемных или потерявших всхожесть образцов пшеницы из коллекции ВИР для их восстановления, используя в качестве маркеров для идентификации электрофоретические спектры глиаинов.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0009 «Развитие современных технологий паспортизации сортов и гибридов, генотипирования мировых растительных ресурсов и их фитосанитарного мониторинга с использованием молекулярных маркеров», номер государственной регистрации: ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710356-4.

References/Литература

- Gubareva N. K., Martynenko N. M., Zuev E. V., Brykova A. N. Prospects of grain protein electrophoresis for the control of genetic integrity, updating passport data and finding doublets for the spring bread wheat collection // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2012, vol. 170, pp. 158–165 [in Russian] (Губарева Н. К., Мартыненко Н. М., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Перспективы использования электрофореза белков зерна для контроля генетической целостности, уточнения паспортных данных и выявления дублетов в коллекции яровой мягкой пшеницы // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 158–165).
- Konarev V. G., Konarev A. V., Gubareva N. K., Peneva T. I. Seed proteins as markers in resolving the problems of genetic plant resources, selection and seed production // Cytology and genetics, 2000, vol. 34, no 2, pp. 91–104 [in Russian] (Конарев В. Г., Конарев А. В., Губарева Н. К., Пенева Т. И. Белки семян как маркеры в решении проблем генетических ресурсов растений, селекции и семеноводства // Цитология и генетика. 2000. Т. 34, № 2. С. 91–104).
- Konarev V. G., Gavriljuk I. P., Gubareva N. K., et al. Identification of Varieties and Registration of the Genofond of Cultivated Plants by Seed Proteins. SPb. : VIR, 2000, 320 p. [in Russian] (Конарев В. Г., Гаврилюк И. П., Губарева Н. К., и др. Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян. СПб. : ВИР, 2000. 320 с.).
- Zuev E. V., Amri A., Brykova A. N., Pyukkenen V. P., Mitrofanova O. P. Atlas of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genetic diversity based on spike and kernel characters. St. Petersburg ; Novosibirsk, 2013, 131 p. [in Russian] (Зуев Е. В., Амри А., Брыкова А. Н., Пюккенен В. П., Митрофанова О. П. Атлас разнообразия мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) по признакам колоса и зерновки. СПб. ; Новосибирск, 2013. 131 с.).

УДК

635.15: 633.15: 631.523: 581.192

**В. В. Сидорова,
Ю. А. Керв,
Г. В. Матвеева,
А. В. Конарев,**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: sidorova42@mail.ru

Ключевые слова:

восковидная кукуруза,
электрофоретические спектры
зеина, биотипный состав

Поступление:

30.05.2018

Принято:

19.09.2018

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕИНОВЫХ МАРКЕРОВ В СЕЛЕКЦИИ ЛИНИЙ И СОРТОВ ВОСКОВИДНОГО ПОДВИДА КУКУРУЗЫ

Актуальность. Среди большого количества образцов кукурузы из коллекции ВИР имени Н. И. Вавилова, особое внимание привлекают линии и сорта восковидного подвида кукурузы, поскольку их отличительной особенностью считается содержание высококачественного крахмала в зерне, состоящего из 100% амилопектина. В амилопектиновом крахмале особенно заинтересованы медицинская, крахмалопаточная и кондитерская отрасли промышленности. Одним из наиболее важных применений амилопектинового крахмала в медицине является его использование в составе заменителя плазмы крови «Волекам». Зерно других подвидов кукурузы содержит помимо амилопектина амилозный крахмал, и получение из него амилопектина трудоемко. Поэтому создание и изучение отечественных линий и сортов восковидной кукурузы очень важно, но в настоящее время недостаточно развито. **Материалы и методы.** Объектом исследования послужили стародавние местные сорта и селекционные линии восковидной кукурузы, состоящие из 100% амилопектинового крахмала, контролируемого геном *wx1*. Образцы были впервые изучены методом электрофореза зеина – запасного белка кукурузы. Электрофорез проводили в вертикальных пластинах 10%-ного полиакриламидного геля, содержащего 8 М мочевины. В раствор для экстракции зеина входила 6 М мочевины и 0,01 М дитиотрейтол. **Результаты и обсуждение.** Зеиновые маркеры эффективны в анализе селекционного материала, контроля генетической однородности и установления генетической целостности (подлинности) самоопыленных линий, сортов и гибридов в ходе семеноводства и промышленного производства. Задачи исследований заключались в проведении скрининга местных сортов и самоопыленных линий восковидной кукурузы по электрофоретическим спектрам зеина (белковым маркерам) с целью их идентификации и паспортизации; определении биотипного состава стародавних местных сортов восковидного подвида, их полиморфизма и степени родства; демонстрации возможности сопровождения зеиновыми маркерами процесса создания новых инбредных линий восковидной кукурузы путем насыщения (беккросса – BC) исходной зубовидной линии геном *wx1*. **Заключение.** По электрофоретическим спектрам зеина установлена уникальность каждого образца восковидного подвида кукурузы. Все изученные новые линии этого подвида имеют два общих характерных признака - снижение интенсивности большинства компонентов спектра зеина, и присутствие интенсивного компонента 47, которого нет в спектрах исходных линий зубовидной кукурузы. Компонент 47 может служить белковым маркером для идентификации линий восковидной кукурузы. У всех местных сортов этого подвида выявлено несколько биотипов (от двух до пяти). Несмотря на внутрисортной полиморфизм, каждый сорт имеет специфические типы спектра, по которым его можно идентифицировать.

V. V. Sidorova,
Yu. A. Kerv,
G. V. Matveeva,
A. V. Konarev

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: sidorova42@mail.ru

Key words:

waxy maize, electrophoretic zein
patterns, biotype composition

Received:

30.05.2018

Accepted:

19.09.2018

PROSPECTS OF USING ZEIN MARKERS IN BREEDING WAXY MAIZE LINES AND VARIETIES

Background. Among the numerous maize accessions in the VIR collection, special attention is drawn to the lines and varieties of waxy maize due to their specific feature, that is, the content of high-quality grain starch that consists entirely of amylopectin. This amylopectin starch is of special interest to the medical, starch and syrup, and confectionary industries. One of the most important applications of amylopectin starch in medicine is its use as a component of "Volekam" blood plasma substitute. Besides amylopectin, the grain of other maize subspecies contains much amylose starch which makes production of purified amylopectin expensive. Therefore, the creation and study of domestic waxy maize lines and varieties is very topical, however it is insufficiently developed at present. **Materials and methods.** For the first time, zein electrophoresis was used to analyze waxy maize old landraces and breeding lines. Zein electrophoresis was carried out in vertical 10% PAA gels with 8 M urea. The solution for zein extraction contained 6 M urea and 0.01 M dithiothreitol. **Results.** The present research pursued the following aims: to use zein electrophoretic patterns (protein markers) in screening waxy maize landraces and lines for their identification and fingerprinting; to determine the biotype composition of landraces and their polymorphism and degree of relationship; and to demonstrate the possibility of applying zein markers in the development of new waxy maize inbred lines by backcrossing the wx1 gene into the initial dent maize line. **Conclusions.** Zein electrophoretic patterns showed the uniqueness of each waxy maize accession. All the studied new lines are united by a decreased intensity of most zein pattern components, as well as by the presence of an intensive component 47 which is absent in the pattern of the initial lines of dent maize. Component 47 may serve as a protein marker for identifying waxy maize lines. All landraces were found to be composed of several biotypes (from two to five). Regardless of the intravarietal polymorphism, every variety has specific patterns which facilitate its identification.

Введение

Местные сорта так называемой «восковой» кукурузы были привезены в коллекцию ВИР из экспедиций в Индию, Бирму, Китай и Приморский край. Первые два образца были получены от экспедиции В. В. Марковича из Шанхая и зарегистрированы в коллекции кукурузы ВИР еще в 1927 году. «Восковая» кукуруза среди групп, определенных Е. L. Sturtevant еще в 1899 г., занимает особое место. В 1928 году Н. Н. Кулешов принял для нее «особое латинское наименование» – *Zea mays* L. subsp. *ceratina* Kulesh. (Kuleshov, 1928, p. 341). Отличительная особенность зерна восковидной кукурузы – непрозрачные без стекловидности, визуально определяемые, тусклые, по структуре очень твердые зерна, желтого или белого цвета. Как показали исследования, подобные непрозрачные зерновки были обнаружены и на культурах риса, просо, сорго, ячменя, и свойственны только культурам Восточной Азии.

В книге «Происхождение и география культурных растений» Н. И. Вавилов отмечал, что: «Основные центры формообразования, очаги разнообразия... характеризуются не только наличием большого числа форм, но, что не менее важно, наличием большого числа доминирующих признаков. Наоборот, вторичные центры формообразования характеризуются разнообразием преимущественно рецессивных признаков...» (Vavilov, 1987, p. 129). Этот факт и был подтвержден на разных культурах. Их подвиды, попавшие в коллекцию ВИР из вторичного центра происхождения, имеют ген *ix*. Именно действием этого рецессивного гена *ix* обусловлено строение молекулы крахмала, из которого состоит зерно восковидной кукурузы. Она имеет сильно разветвленную форму. Отличительной особенностью крахмала восковидной кукурузы является то, что он на 100% состоит из амилопектина (Collins, 1909; Shmaraev, Podolskaya, 1988).

У других подвидов кукурузы крахмал состоит из двух физико-химических форм, содержащих около 28% амилозы и 72% амилопектина (Jugenheimer, 1979). Американские исследователи еще в первой половине XX века провели изучение желатинизации крахмала разных подвидов кукурузы (Abegg, 1929). Выяснилось, что разные подвиды характеризуются различными условиями протекания этого процесса. У большинства сортов он проходит в интервале температур от +4°C до +30°C. Крахмал восковидной кукурузы желатинизируется при температуре от +70°C до +80°C. По-разному ведут себя и пасты, полученные из крахмала разных подвидов. Из обычной кукурузы получают непрозрачный крахмал, который садится в крепкий студенистый осадок. Паста же из восковидного крахмала, остается клейкой и вязкой несколько дней и не затвердевает даже в 20%-ной концентрации. Это свойство крахмала восковидной кукурузы является очень привлекательным для производителей пищевой и кондитерской продукции. Но наиболее важным направлением использования крахмала восковидной кукурузы является медицина. Амилопектиновый крахмал входит в состав кровезаменителя «Волекам» как противошоковый компонент. Этот кровезаменитель был разработан еще советскими учеными ВНИИ крахмалопродуктов, ВНИИ кровезаменителей и Центра хирургии в конце 60-х гг. XX века. Гидролизированный амилопектиновый крахмал можно использовать в качестве заменителя плазмы (Belotserkovskaya, 2010).

В связи с незначительным количеством первоисточников, в нашей стране отсутствуют районированные гибриды восковидной кукурузы. Однако коллекция самоопыленных линий восковидной кукурузы ВИР в последние годы значительно увеличилась благодаря селекции в условиях МОС ВИР. Для селекции использовались лучшие инбредные линии зубовидной и кремнистой кукурузы, поскольку они имели более высокую комбинационную способность и зерновую продуктивность, чем представители других подвидов. На их основе при помощи

введения гена *wx1* были созданы аналоги восковидной кукурузы (Matveeva, 2008). Благодаря целенаправленной многолетней селекционной работе в настоящее время коллекция восковидной кукурузы ВИР содержит генетические ресурсы потенциально ценного исходного материала для селекции соответствующих сортов, отвечающих возрастающему интересу медицинской и пищевой промышленности.

Эффективность использования коллекции в селекционной работе напрямую зависит от степени ее изученности. Поэтому сопровождение селекционной работы молекулярным маркированием – один из важных аспектов применения белковых (зеиновых) маркеров. Это дает возможность контролировать ход селекции на всех этапах, начиная от подбора исходных родительских форм при гибридизации, и заканчивая формированием желаемого генотипического состава, а также позволяет существенно улучшить качество семеноводства этого подвида кукурузы и промышленного получения высококачественного крахмала. Мутации, влияющие на биосинтез крахмала у кукурузы, известны и изучены на молекулярном уровне. Известна и функция гена *wx1* (Vakula et al., 2018).

По итогам вышесказанного нами были поставлены следующие задачи: провести скрининг самоопыленных линий и местных сортов восковидного подвида кукурузы с целью их идентификации и паспортизации по электрофоретическим спектрам зеина (белковым маркерам); показать возможность молекулярного сопровождения белковыми маркерами селекционного процесса создания новых инбредных линий восковидной кукурузы при помощи насыщающих скрещиваний исходных линий других подвидов с носителями гена *wx1*; изучить биотипный состав стародавних местных сортов, на предмет их полиморфизма и степени родства.

Материалы и методы

Работу проводили в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР им. Н. И. Вавилова. Материалом для исследования послужили:

– образцы пяти самоопыленных линий восковидной кукурузы селекции ВИР (АД96, АД117, АД17, АД1 и АД8А);

– исходные линии зубовидной кукурузы и созданные на их основе аналоги восковидной кукурузы с разным количеством насыщений: Н84 (самоопыленная линия зубовидной кукурузы) и ее аналог Н84 ВС3wx (после трехкратного насыщения пылью восковидной кукурузы, контролируемой геном *wx1*); линия зубовидной кукурузы СН593-9, эта же линия после однократного насыщения пылью *wx1* (СН593-9 ВС1 wx) с последующим визуальным отбором зубовидных и восковидных зерен, а также линия СН593-9 ВС4 wx (после четырехкратного насыщения пылью восковидной кукурузы, несущей ген *wx1*);

– семь стародавних местных сортов из Китая (к-5088, к-20871), Южной Кореи (к-5103) и Приморского края России (к-5093, к-5106, к-9991, к-2328);

– лучшие классические линии зубовидной кукурузы селекции США к-9840 OS420, ее аналог восковидной кукурузы к-16052 OS420 wx, к-10496 М14, ее аналог восковидной кукурузы к-16050 М14 wx, к-15386 W70 и ее аналог линия АД70wx.

В статье представлены данные, полученные нами с 2014 года по настоящее время. Исследования в этом направлении продолжаются.

Электрофорез зеина (запасного белка кукурузы) проводили в вертикальных пластинах ПААГ по стандартной методике ISTA для зеина кукурузы, разработанной с участием отдела биохимии и молекулярной биологии ВИР (Konarev et al., 1990; Sidorova et al., 1998; Sidorova et al., 2000; Sidorova et al. 2012). Гелевая пластина содержала 10% акриламид и 8 М мочевины. Зеин выделяли из единичных зерен раствором, содержащим 6 М мочевины и 0,01 М дитиотрейтол. Электрофорез осуществляли без охлаждения в течение 4,5–5 ч при напряжении

500–580 В. Окрашенные и высушенные пластины с электрофоретическими спектрами сканировали. Регистрацию электрофоретических спектров зеина проводили по стандарту. В качестве стандарта использовали самоопыленную линию F₂. Номера белковых компонентов соответствуют величинам их электрофоретической подвижности (Sidorova et al., 2012).

Результаты и обсуждение

Нами был проанализирован биотипный состав новых линий восковидной кукурузы. Три линии из изученных – АД17, АД8А и АД1 имеют по одному типу спектра, то есть являются мономорфными. Линии АД96 и АД117 представлены двумя биотипами, один из которых является основным, а второй встречается достаточно редко (рис. 1). Разные типы спектра характеризуются наличием или отсутствием отдельных компонентов, и разным сочетанием компонентов в каждом из них. Таким образом, из рисунка 1 видно, что изученные нами линии надежно различаются между собой по спектрам зеина.

Следует отметить, что в спектрах зеина линий АД17, АД8А и АД96 отсутствует маркерная комбинация компонентов 38-57, которая маркирует важный сельскохозяйственный признак – раннеспелость.

Были выявлены следующие характерные признаки для каждой линии. Для линии АД17 специфическим является компонент 66, отсутствующий в составе биотипов АД8А и АД96. Для линии АД8А характерным является компонент 64. Два специфических компонента 65 и 90 отличают спектр линии АД96.

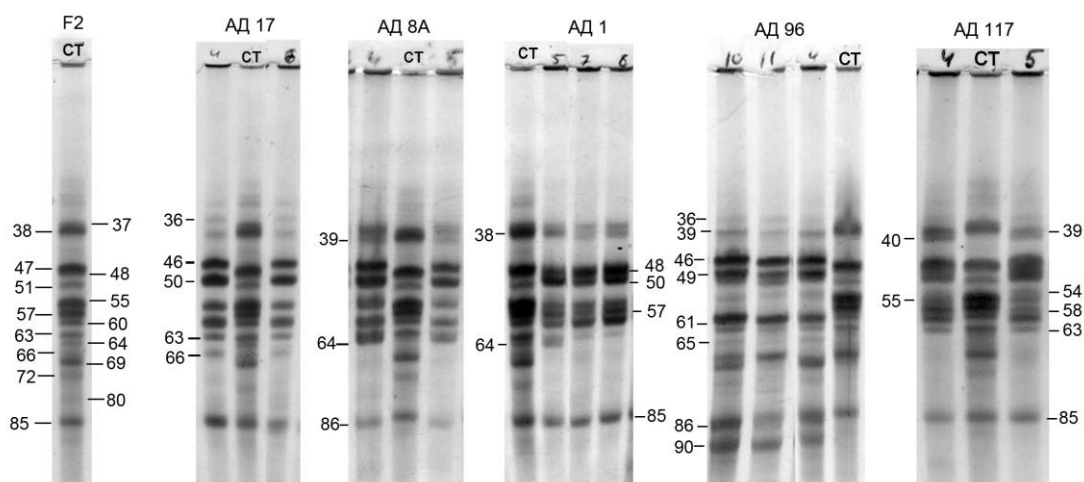


Рис. 1. Электрофоретические спектры зеина новых селекционных линий восковидной кукурузы. Стандарт (ст) – спектр зеина линии F₂ (приведено из: Matveeva et al., 2015)

Fig. 1. Zein electrophoretic patterns of new breeding lines of waxy maize. Standard (ст) is the banding pattern of F₂ line (from: Matveeva et al., 2015)

У линии АД1 в отличие от линий АД17, АД8А и АД96 есть важная маркерная комбинация 38-57. Линия АД117 имеет маркерную комбинацию 39-58, которая не встречается у других ранее изученных нами линий и сортов восковидной кукурузы.

Линия восковидной кукурузы OS420 wx (рис. 2) создана на основе линии зубовидной кукурузы OS420. В спектре зеина новой линии, в отличие от исходной, отсутствует комбинация компонентов 38-57. Другим отличием спектра новой линии является наличие интенсивного компонента 47, которого нет в спектре исходной линии. Среди спектров зеина линии OS420 wx, составляющих основной

биотип, встречается редкий, который имеет сходство со спектром исходной линии OS420 (на рис. 2 обозначен *).

Новая селекционная линия M14 wx создана на основе линии зубовидной кукурузы M14. В спектре зеина новой линии, в отличие от исходной, отмечена низкая интенсивность большинства компонентов. Однако в ее спектре присутствует интенсивный компонент 47, которого нет в спектре исходной линии.

Линия восковидной кукурузы АД70 wx создана на основе линии зубовидного подвида W70. Спектр новой линии отличается от исходной низкой интенсивностью большинства компонентов и даже потерей некоторых из них (37-38, 46 и 64). Новая линия АД70 wx отличается присутствием в спектре интенсивного компонента 47, отсутствующего в спектре исходной линии зубовидного подвида.

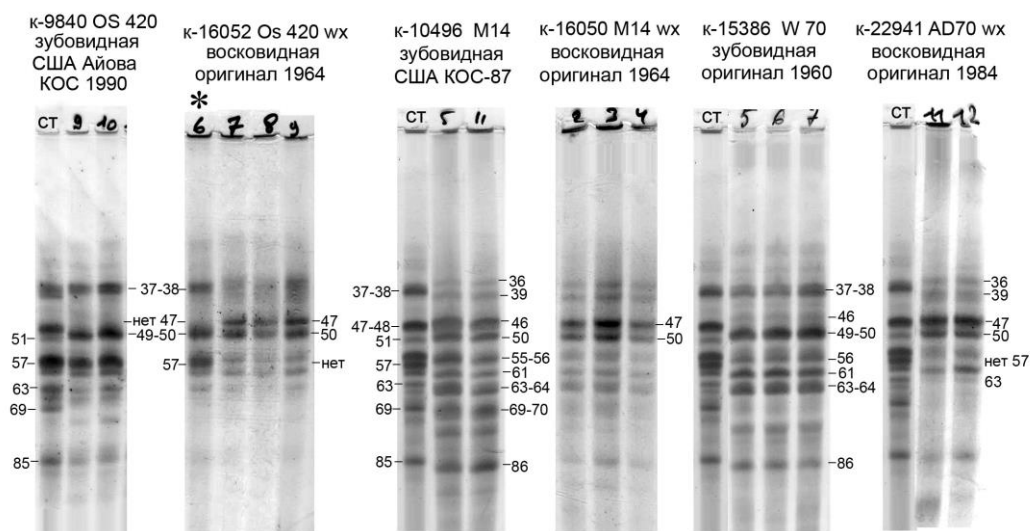


Рис. 2. Электрофоретические спектры зеина исходных линий зубовидной кукурузы и новых селекционных линий восковидной кукурузы.

Стандарт (СТ) – спектр зеина линии F2

Fig. 2. Zein electrophoretic patterns of the initial dent maize line and new waxy maize breeding lines. Standard (СТ) is the banding pattern of F2 line

Все рассмотренные новые линии восковидного подвида кукурузы (см. рис. 2) характеризуются ослаблением интенсивности большинства компонентов спектра зеина, а также наличием интенсивного компонента 47, отсутствующего в спектрах исходных линий зубовидной кукурузы. Компонент 47 может служить белковым маркером для линий восковидной кукурузы.

В селекции при создании новых линий восковидной кукурузы в качестве исходной формы часто используют лучшие линии зубовидной кукурузы. На рисунке 3 мы привели несколько примеров этого процесса. Сравнительный анализ спектров зубовидной линии СН 593-9 и ее аналога после однократного насыщения геном *wx1* СН 593-9 ВС1 wx (ВС1 – показывает количество проведенных беккроссов) показал снижение интенсивности большинства компонентов в спектре зеина новой линии восковидной кукурузы. Но самым важным является появление в спектре новой линии интенсивного компонента 47, которого нет в спектрах исходной линии. Тот же тип спектра сохраняется и для восковидной линии СН 593-9 ВС4 wx после четырехкратного насыщения геном *wx1* (выборка восковидных зерен из двух початков). Среди довольно однородных спектров новой восковидной линии обнаружен единичный спектр, аналогичный спектру исходной зубовидной

линии (на рисунке 3 обозначен *). Таким образом, даже четыре беккросса геном *wx1* не гарантируют полной чистоты созданной восковидной линии.

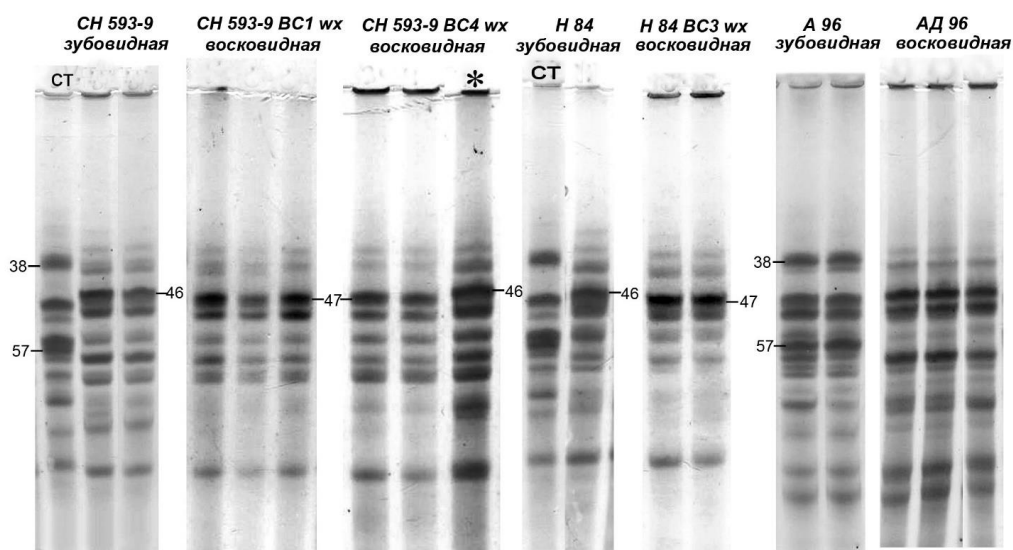


Рис. 3. Беккроссирование исходных линий зубовидной кукурузы линиями, несущими ген *wx1*

Fig. 3. Backcrossing of the dent maize initial lines with the lines bearing the *wx1* gene

Компонент 47 может служить маркером для линий восковидной кукурузы. Подтверждение этому мы получили и на других линиях восковидной кукурузы, сравнивая спектры исходных форм зубовидного подвида и их аналогов, насыщенных геном *wx1*. Например, линия Н84 ВС3 создана на основе зубовидной линии Н84 (см. рис. 3). В спектре зеина новой линии, в отличие от исходной, вместо интенсивного компонента 46 присутствует интенсивный компонент 47, все остальные компоненты спектра новой линии отличаются слабой интенсивностью.

Восковидная линия АД96 создана на основе зубовидной линии А96. В спектре зеина новой восковидной линии отсутствуют маркерная комбинация 38-57 и компонент 64. В основном интенсивность спектра зеина восковидной линии несколько слабее, чем спектр зубовидной, а также несколько изменяется компонентный состав спектра.

Стародавние местные сорта восковидной кукурузы (см. рис 4) характеризуются значительным внутрисортным полиморфизмом по спектрам зеина. Наибольший полиморфизм (пять биотипов) имеют сорта к-5103 и к-9991. Несмотря на это, каждый сорт имеет в спектрах специфичные для него компоненты или их комбинации, по которым его можно идентифицировать. Для идентификации местного сорта Южной Кореи к-5103 (селекция ВИР, 2004) служат стабильные компоненты спектра зеина – 49, 55 и 65. У биотипов 1, 2 и 3 присутствует маркерная комбинация 38-57 (суммарная встречаемость составляет 65%). У 4 и 5-го биотипов ее нет. Маркерная комбинация 64-69 и компонент 51 встречаются только у биотипа 1. Только в спектрах этого биотипа отсутствует компонент 60 (15%). Компонент 40 встречается в спектрах 3 и 5-го биотипов (суммарная встречаемость 50%). Полиморфизм белковых спектров создают также компоненты 36, 46, 47 и 50 в разных сочетаниях.

Стародавний местный сорт восковидной кукурузы к-9991 (Россия, Приморский край) также характеризуется значительным полиморфизмом по спектрам зеина (пять биотипов). Его особенностью является наличие в спектрах стабильной

маркерной комбинации 38-57, которая отсутствует только в спектре редко встречаемого биотипа 5 (10%). Маркерная комбинация 64-69 встречается в спектрах четырех биотипов (70%) и отсутствует только в биотипе 4. В спектрах всех биотипов присутствует компонент 48, интенсивность которого варьирует у разных биотипов. В спектрах биотипов 3 и 4 компонент 48 проявляется интенсивно. У биотипов 1, 2 и 5, с появлением в спектрах интенсивного компонента 46, его интенсивность много слабее. Компоненты 40 и 63 присутствуют в спектрах четырех биотипов, за исключением биотипа 1. Полиморфизм сорта создает также разное сочетание в спектрах отдельных компонентов.

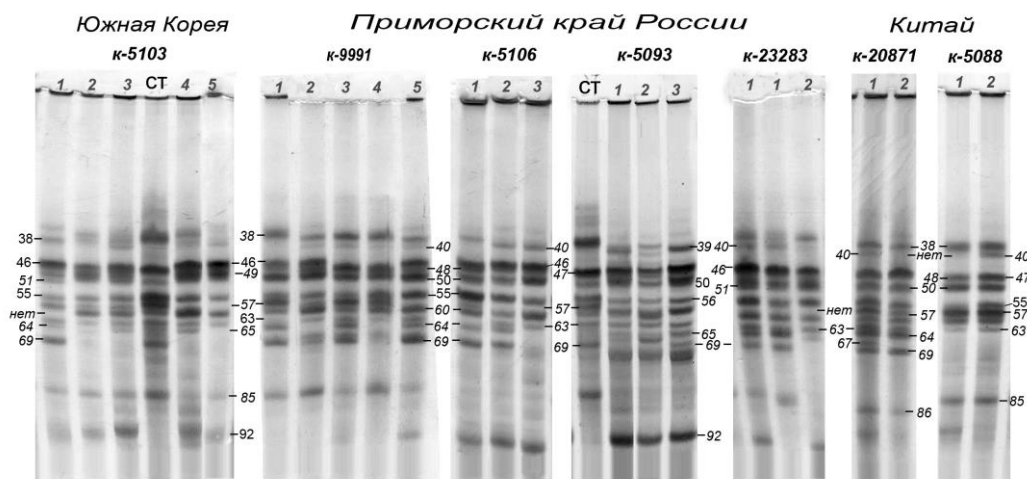


Рис. 4. Внутрисортной полиморфизм стародавних местных сортов восковидной кукурузы. Стандарт (СТ) – спектр зеина линии F2.

Номера над спектрами (1–5) – биотипы

Fig. 4. Intravarietal polymorphism of waxy maize old landraces. Standard (ст) is the banding pattern of F2 line.

Numbers 1–5 above banding patterns mark biotypes

Для полиморфного местного сорта восковидной кукурузы к-5106 ('Корейская липкая', коллекция ВИР) характерно отсутствие в спектрах маркерной комбинации 38-57, за исключением биотипа 1, где данная комбинация слабо выражена. Другой особенностью этого сорта является наличие в спектрах маркерной комбинации 64-69. Она встречается в спектрах основного биотипа 2 (50%) и еще в биотипе 1 (20%), где, в отличие от основного биотипа, нет компонентов 40 и 63. В биотипе 3 маркерная комбинация 64-69 отсутствует. В отличие от других сортов, компонент 85 очень слабой интенсивности, однако хорошо проявляется быстро подвижный компонент 92. Спектры рассмотренного сорта легко узнаваемы и могут быть идентифицированы.

Стародавний местный сорт восковидной кукурузы к-5093 (Россия, Приморский край) представлен тремя биотипами. У основного биотипа 1 (75%) отсутствуют маркерные комбинации 38-57 и 64-69, а также компонент 55, которые встречаются в спектрах большинства сортов восковидной кукурузы. Характерной особенностью всех биотипов этого сорта является присутствие в спектрах стабильных компонентов 46, 47, 50, 56 и 63. Биотип 3 встречается редко, в его спектре проявляется компонент 69, не встречающийся в других биотипах этого сорта, а также отсутствует компонент 40. В спектрах всех биотипов присутствует интенсивный компонент 92, который слабо проявляется в остальных сортах восковидной кукурузы.

Слабый полиморфизм характерен для местных сортов восковидной кукурузы к-23283 ('Местная корейская', коллекция ВИР) и к-20871 ('Восковидная желтая', Китай). Сорт к-20871 представлен двумя равнозначными по встречаемости биотипами (по 50%). Характерным для спектров этого сорта является наличие маркерных комбинаций 38-57 и 64-69. Различаются два биотипа по наличию или отсутствию компонентов 40 и 67. Сорт к-23283 ('Местная корейская') по спектрам зеина представлен двумя биотипами с разной частотой встречаемости. Для основного биотипа 1 (70%) характерна маркерная комбинация 64-69 и отсутствие маркерной комбинации 38-57. Второй биотип (30%) отличается от первого отсутствием в спектрах маркерной комбинации 64-69.

Стародавний местный сорт восковидной кукурузы к-5088 (Китай, селекция ВИР) является низко полиморфным. Он представлен двумя биотипами с разной частотой встречаемости. Характерной особенностью обоих биотипов является наличие в спектрах маркерной комбинации 38-57. Отличаются два биотипа присутствием в спектрах основного биотипа 2 (70%) интенсивных компонентов 40, 47, 55 и 63. В биотипе 1 (30%) отсутствуют компоненты 40 и 55, а компонент 63 выражен значительно слабее, чем в основном биотипе.

Сравнительный анализ спектров разных сортов показал, что все они легко идентифицируются по характерным для них маркерным компонентам. Однако спектры низко полиморфного сорта к-20871 (Китай) были сходны по составу компонентов со спектрами биотипа 3 высоко полиморфного сорта к-9991 (Россия). Возможно, что сорт к-20871 со временем утратил исходный генетический полиморфизм.

Заключение

По электрофоретическим спектрам зеина установлена уникальность каждого образца восковидного подвида кукурузы. Все изученные новые линии восковидной кукурузы имеют два общих характерных признака – снижение интенсивности большинства компонентов спектра зеина, и присутствие интенсивного компонента 47, которого нет в спектрах исходных линий зубовидной кукурузы. Компонент 47 может служить белковым маркером для идентификации линий восковидной кукурузы. Показана возможность сопровождения зеиновыми маркерами процесса создания новых линий восковидной кукурузы из исходной линии зубовидной путем насыщающих скрещиваний ее с носителями гена *wx1*. Изученные линии восковидной кукурузы надежно различаются между собой по спектрам зеина, вследствие чего могут быть идентифицированы по специфичным для них маркерным компонентам.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0017 «Выявление диапазона изменчивости биохимических признаков качества генетического разнообразия важнейших зерновых, зернобобовых, масличных, овощных, плодовых и ягодных культур и их диких сородичей в связи с поиском, выделением и созданием ценного исходного материала для улучшения качества сельскохозяйственных культур», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710360-1.

References/Литература

- Kuleshov N. N.* Some features of Asian maize // Bulletin on Applied Botany, Genetics and Plant-breeding. 1928, vol. XIX, no. 2, pp. 325–374 [in Russian] (*Кулешов Н. Н.* Некоторые особенности кукурузы Азии // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1928. Т. XIX, вып. 2. С. 325–374).
- Collins G. N.* A new type of Indian corn from China // U.S. Dept. Agr. of pl. ind. bull., no. 161, Washington, 1909, pp. 1–30.

- Vavilov N. I. Origin and geography of cultivated plants. Leningrad: "Nauka", Leningrad branch, 1987, 440 p. [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Происхождение и география культурных растений. Л.: «Наука», Ленинградское отделение, 1987. 440 с.).
- Shmaraev G. E., Podolskaya A. P. Genetics of maize // Genetics of cultivated plants: maize, rice, millet. Leningrad, 1988, p. 6–123 [in Russian] (*Шмараев Г. Е., Подольская А. П.* Генетика кукурузы // Генетика культурных растений: кукуруза, рис, просо. Л., 1988. С. 6–123).
- Jugenheimer R. W. Maize: improvement of varieties, seed production, use. Moscow: Kolos. 1979, pp. 187–188 [in Russian] (*Югенхеймер Р. У.* Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование. М.: «Колос». 1979. С. 187–188).
- Abegg F. A. Effects of waxy and sugary genes on reserves with special reference to modification of the waxy ratio maize. USA // Genetics, 1929, vol. 14, pp. 270–285.
- Belotserkovskaya V. Maize for artificial blood // Science and life, 2010, no. 1, pp. 30–31 [in Russian] (*Белоцерковская В.* Кукуруза для искусственной крови // Наука и жизнь. 2010. № 1. С. 30–31).
- Matveeva G. V. Prospects for the use of grain of waxy maize. SPb.: IV International congress of Grain and BREAD OF RUSSIA. November 11-13 2008. St. Petersburg: FarEXPO, 2008, pp. 54–55 [in Russian] (*Матвеева Г. В.* Перспективы использования зерна восковидной кукурузы. СПб.: IV Международный конгресс ЗЕРНО и ХЛЕБ РОССИИ. 11-13 ноября 2008. СПб.: FarEXPO, 2008. С. 54–55).
- Vakula S. I., Orlovskaya O. A., Khotyleva L. V., Kilchevsky A. V. SSR-локусы, потенциально ассоциированные с высоким содержанием амилопектина в эндосперме зерна кукурузы. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018; 22 (6): 640–647.
- Konarev V. G., Sidorova V. V., Timofeeva G. I. Electrophoresis of zein as a method of identification, registration and analysis of varieties, lines and hybrids of maize // Agricultural biology, 1990, no. 3, pp. 16–17 [in Russian] (*Конарев В. Г., Сидорова В. В., Тимофеева Г. И.* Электрофорез зеина как метод идентификации, регистрации и анализа сортов, линий и гибридов кукурузы // С.-х. биология. 1990. № 3. С. 16–17).
- Sidorova V. V., Matveeva G. V., Timofeeva G. I. Identification, analysis and registration of maize varieties, lines and hybrids by electrophoresis and isoelectrofocusing of zein / Identification of varieties and registration of the gene pool of cultivated plants for seed proteins / ed. V. G. Konarev // St. Petersburg: RAAS, VIR, 2000, Ch. 2, pp. 73–89 [in Russian] (*Сидорова В. В., Матвеева Г. В., Тимофеева Г. И.* Идентификация, анализ и регистрация сортов, линий и гибридов кукурузы электрофорезом и изоэлектрофокусированием зеина / Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян / под ред. В. Г. Конарева // СПб.: РАСХН. ВИР, 2000. Гл. 2. С. 73–89).
- Sidorova V. V., Matveeva G. V., Timofeeva G. I. Analysis and recording of maize lines, varieties and hybrids by method of electrophoresis of zein: Methodical guidelines and catalog of protein formulas // ed. V. G. Konarev. St. Petersburg: RAAS, VIR, 1998, 50 p. [in Russian] (*Сидорова В. В., Матвеева Г. В., Тимофеева Г. И.* Анализ и регистрация линий, сортов и гибридов кукурузы по зеину методом электрофореза: Методические указания и каталог белковых формул / под ред. В. Г. Конарева СПб.: РАСХН. ВИР, 1998. 50 с.).
- Sidorova V. V., Matveeva G. V., Konarev A. V., Kerv Yu. A., Kudryavtsev A. M., Upelnik V. P., Yankovsky N. K. Zein markers in maize genepool analysis and improving modern breeding-genetic program // Agrarnaya Russia, 2012, no. 7, pp. 5–11 [in Russian] (*Сидорова В. В., Матвеева Г. В., Конарев А. В., Керв Ю. А., Кудрявцев А. М., Упелник В. П., Янковский Н. К.* Зеиновые маркеры в анализе генофонда кукурузы и повышении эффективности селекционно-генетических программ // Аграрная Россия. 2012. № 7. С. 5–11).
- Sidorova V. V., Matveeva G. V., Kerv Yu. A., Konarev A. V. Possibilities of using markers of zein in increasing the efficiency of heterotic maize breeding. // Proceedings of applied botany, genetics and selection. 2012, v. 170, pp. 147–57 [in Russian] (*Сидорова В. В., Матвеева Г. В., Керв Ю. А., Конарев А. В.* Возможности использования зеиновых маркеров в повышении эффективности гетерозисной селекции кукурузы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 147–157).
- Matveeva G. V., Sidorova V. V., Kerv Yu. A., Konarev A. V. Identification of old local varieties and breeding lines of waxy corn for spectra of zein // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015, vol. 29, no. 7, pp. 27–30 [in Russian] (*Матвеева Г. В., Сидорова В. В., Керв Ю. А., Конарев А. В.* Идентификация стародавних местных сортов и селекционных линий восковидной кукурузы по спектрам зеина. Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 7. С. 27–30).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-250-258

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 634.2:631.526.1/.4

Г. В. Еремин

Филиал Крымская опытно-селекционная станция Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР)
353384, Россия, Краснодарский край, г. Крымск, ул. Вавилова, 12
e-mail: kross67@mail.ru

Ключевые слова:

виды, межвидовые гибриды, несовместимость, сорт, клоновый подвой, маркеры, плодовитость

Поступление:

09.04.2018

Принято:

19.09.2018

ВЫЯВЛЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ВИДАМИ РОДА *PRUNUS* L. ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СЕЛЕКЦИИ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР

В филиале Крымская опытно-селекционная станция ВИР на основании проведенных исследований по изучению генофонда косточковых растений, а также в результате геномного анализа генетической коллекции межвидовых гибридов рода *Prunus* L. были выявлены различия в степени проявления несовместимости между изучавшимися видами. Установлено четыре уровня проявления этого показателя в гибридных семьях F_1 :

– первый уровень – часть гибридов бывает нормально плодовитыми. Это характерно для гибридов между видами одной секции на одном уровне плоидности;

– второй уровень – плодовитость гибридов снижена, но часть из них образует плоды и частично фертильную пыльцу. Этот уровень характерен для гибридов от скрещивания видов на межсекционном уровне в пределах одного подрода;

– третий уровень – гибриды F_1 бесплодны, но у некоторых из них отмечается частичная жизнеспособность пыльцы. Этот уровень проявляется у гибридов между видами подрода *Prunophora* и видами подрода *Amygdalus*;

– четвертый уровень – гибриды не получены.

При геномном анализе были также использованы геномные морфологические маркеры. На основании полученных при геномном анализе сведений предлагается ряд изменений в системе рода *Prunus*.

В подрод *Prunophora* предлагается перевести виды секции *Microcerasus* (из подрода *Cerasus*) и *Amygdalopsis* (из подрода *Amygdalus*) поскольку они проявляют первый уровень несовместимости с видами других секций подрода *Prunophora*. Вид *P. taackii* включить в секцию *Cerasus* подрода *Cerasus* вместе с двумя другими тетраплоидными видами вишни – *P. vulgaris* и *P. fruticosa*, с которыми он скрещивается с проявлением первого уровня несовместимости, и все эти виды имеют общего диплоидного предка – вид *P. canescens*. Вид *P. microcarpa*, имеющий маркерные признаки присущие видам подсекции *Spiraeopsis* секции *Microcerasus* перевести в подсекцию *Spiraeopsis* из подсекции *Microcerasus* (*Amygdalocerasus*). Наиболее эффективно в селекции сорта косточковых культур использовать гибридные комбинации, где проявляется первый уровень несовместимости. В селекции клоновых подвоев достаточно эффективно использование между видами разных секций одного подрода, а также видами подрода *Prunophora* и подрода *Amygdalus*.

G. V. Eremin

Krymsk Experiment Breeding Station,
branch of the N. I. Vavilov All-Russian
Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
12, Vavilova Street, Krymsk, Krasnodar
Region, 353384, Russia;
e-mail: kross67@mail.ru

Key words:

species, interspecific hybrids,
incompatibility, variety, clonal
rootstock, markers, fertility

Received:

09.04.2018

Accepted:

19.09.2018

**DETECTION OF GENETIC RELATIONS BETWEEN
SPECIES IN THE GENUS *PRUNUS* L. WHEN USING
THEM
IN BREEDING OF STONE FRUIT CROPS**

Research conducted at Krymsk Experiment Breeding Station of VIR on the gene pools of stone fruit plants and genomic analysis of the genetic collection of interspecific hybrids within the genus *Prunus* L. disclosed differences in the degree of incompatibility among the studied species. There are four levels in the manifestation of this indicator in hybrid F₁ families:

- the first level: some hybrids are normally prolific. This is characteristic of hybrids produced by the species of one section at the same level of ploidy;
- the second level: fertility of hybrids is reduced, but some of them produce fruits and partially fertile pollen. This level is typical for hybrids from crosses between species at the intersection level within one subgenus;
- the third level: F₁ hybrids are infertile, but in some of them partial viability of pollen is observed. This effect is manifested by hybrids between the species of the subgenus *Prunophora*, and the species of the subgenus *Amygdalus*;
- the fourth level: no hybrids are produced.

Genomic morphological markers were also used in genomic analysis. Based on the information obtained in the process of genomic analysis, a number of changes are proposed in the system of the genus *Prunus*.

It is proposed to transfer the species of the sections *Microcerasus* (subgenus *Cerasus*) and *Amygdalopsis* (subgenus *Amygdalus*) to the subgenus *Prunophora*, since they manifest the first level of incompatibility with the species of other sections in the subgenus *Prunophora*. The species *P. maackii* should be included in the *Cerasus* section of the subgenus *Cerasus* together with two other tetraploid species of cherry: *P. vulgaris* (*P. cerasus*) and *P. fruticosa*, as it is crossed with latter two showing the first level of incompatibility, and all these species have a common diploid ancestor: *P. canescens*. The species *P. microcarpa* which has marker traits typical for the species in the *Spiraeopsis* subsection of the *Microcerasus* section should be relocated from the subsection *Microcerasus* (*Amygdalocerasus*) to the subsection *Spiraeopsis*.

Идеи Н. И. Вавилова о необходимости широкого вовлечения мировых растительных ресурсов в селекцию особенно актуальны для косточковых плодовых культур. Уникальность рода *Prunus* L. заключается не только в его многообразии и широком распространении в зоне умеренного и, в меньшей степени, субтропического климата, а и в том, что одни и те же гибриды представляют ценность для использования в различных селекционных программах нескольких косточковых культур.

Более эффективное использование генетического потенциала рода *Prunus* в селекцию различных косточковых культур требует тщательного изучения родственных связей между видами этого рода, поскольку межвидовая гибридизация все в большей степени становится ведущим методом в реализации селекционных программ, направленных на совершенствование сортов и подвоев косточковых культур.

Поскольку оценка исходных для селекции форм проводилась только по проявлению ценных признаков в фенотипах, то обострилась необходимость при современных подходах в оценке оригинальности вида по проявлению его несовместимости с другими видами при гибридизации и уточнении на этой основе генетической связи между компонентами скрещивания. Без этого эффективность межвидовой гибридизации между косточковыми растениями резко снижается и нередко приводит к неудачам. Примером этого могут служить попытки вовлечь виды секции *Microcerasus* Webb. (*P. tomentosa* Thunb., *P. pumila* L.) в селекцию вишни обыкновенной.

В филиале Крымская ОСС ВИР сосредоточен генофонд косточковых плодовых растений, насчитывающий свыше 5000 генотипов. В его составе создана генетическая коллекция видов *Prunus* и их отдаленных гибридов, а также собраны (в ходе более 20 экспедиций) дикорастущие формы, местные сорта, лучшие сорта мирового сортимента сливы, вишни, черешни, абрикоса, персика, миндаля. На основании результатов генетического анализа генофонда удалось уточнить положение отдельных видов в системе рода *Prunus*. Основное внимание было уделено видам и отдаленным гибридам сливы, вишни, абрикоса, персика и миндаля, представленным в генетической коллекции значительным числом генотипов и представляющих наибольший интерес в селекции сортов и подвоев косточковых плодовых культур в умеренной зоне плововодства, где расположена Крымская ОСС (подроды *Prunophora* Focke, *Amygdalus* (L.) Focke, *Cerasus* Pers. рода *Prunus*). Учитывались также результаты экспериментов, проведенных в других научных учреждениях, а также наблюдения в природе.

Основным методом изучения степени родства видов являлся метод геномного анализа (Eremin, 1989). Изучалась степень проявления генетической несовместимости при гибридизации видов, у полиплоидных генотипов проводился хромосомный анализ, для сравнения признаков изучавшихся форм были использованы геномные маркеры.

Геномный анализ генетической коллекции косточковых культур выявил различия в степени проявления несовместимости между видами. Это позволило внести в систему Фоке (в ее модификации, предложенные другими ботаниками – Rehder (1949), Watkins (1979), некоторые изменения (Eremin, 2008).

При разработке вопроса о положении в этой системе рода *Prunus* того или иного вида, основным критерием оценки считали проявление генетических связей с другими видами, выраженных в наличии несовместимости между ними на уровне геномов. При этом мы учитывали, что генетическая несовместимость на этом уровне между генотипами одного вида не наблюдается (за исключением

проявления гена S/s , а также различий в числе хромосом). Внутривидовая совместимость генотипа с другими генотипами вида является обязательным условием включения его в состав данного вида. Наличие генетической несовместимости всегда бывает при межвидовой гибридизации, что и является основанием для выделения генома в другой вид [1].

При выделении вида в таксоны различного уровня в системе рода *Prunus* был использован принцип генетической несовместимости видов, определенный по результатам их гибридизации, что можно выразить в четырех уровнях проявления этого показателя.

Первый уровень – часть гибридов бывает нормальной плодовитости, хотя всегда в гибридном потомстве встречаются особи с полной или частичной стерильностью, со сниженной фертильностью гибридов и уменьшением жизнеспособности пыльцы до ее стерильности. Этот уровень проявления несовместимости характерен для гибридов между видами одной секции, на одном уровне плоидности.

Второй уровень – плодовитость гибридов пониженная, но часть межвидовых гибридов образует фертильную пыльцу, часть гибридов бесплодна. Этот уровень характерен для гибридов от скрещивания видов на межсекционном уровне в пределах одного подрода.

Третий уровень – гибриды F_1 бесплодны. У некоторых из них при женской стерильности отмечается частичная жизнеспособность пыльцы. Эти гибриды могут быть использованы для получения F_2 в качестве отцовских компонентов скрещивания. Этот уровень отмечен для гибридов видов из подрода *Prunophora* с видами подрода *Amygdalus*.

Четвертый уровень – гибриды не получены. Это может свидетельствовать о предельной несовместимости при гибридизации между видами подродов *Cerasus* и *Laurocerasus* Koehne.

При геномном анализе генофонда косточковых культур важное значение имеет использование геномных маркеров – морфологических и биохимических. Морфологические маркерные признаки, более доступные для использования, дали возможность судить об участии геномов некоторых видов в происхождении отдельных гибридогенных видов косточковых растений рода *Prunus* (табл. 1).

Таблица 1. Гибридогенные виды рода *Prunus* L.
Table 1. Hybridogenic species of the genus *Prunus* L.

Вид		Происхождение	Уровень несовместимости родительских видов
русское название	латинское название		
Слива альпийская	<i>P. brigantiaca</i>	<i>P. cerasifera</i> × <i>P. subcordata</i>	1
Слива домашняя американская	<i>P. hortulana</i>	<i>P. americana</i> × <i>P. munsoniana</i>	1
Слива итальянская	<i>P. cocomilia</i>	<i>P. cerasifera</i> × <i>P. microcarpa</i>	2
Слива приморская	<i>P. maritima</i>	<i>P. pumila</i> × <i>P. munsoniana</i>	2
Слива русская	<i>P. rossica</i>	<i>P. salicina</i> × <i>P. cerasifera</i>	1
Абрикос ансу	<i>P. ansu</i>	<i>P. mume</i> × <i>P. salicina</i>	2
Абрикос черный	<i>P. dasycarpa</i>	<i>P. cerasifera</i> × <i>P. armeniaca</i>	2
Миндаль бухарский	<i>P. buharica</i>	<i>P. amygdalus</i> × <i>P. microcarpa</i>	3
Миндаль Вебба	<i>P. Webbii</i>	<i>P. scoparia</i> × <i>P. cerasifera</i>	3
Миндаль колючейший	<i>P. spinosissima</i>	<i>P. scoparia</i> × <i>P. microcarpa</i>	3
Миндаль низкий	<i>P. nana</i>	<i>P. scoparia</i> × <i>P. incana</i>	3
Миндаль Петунникова	<i>P. petunnikovii</i>	<i>P. spinosissima</i> × <i>P. nana</i>	1
Миндаль Фенцля	<i>P. fenzliana</i>	<i>P. amygdalus</i> × <i>P. cerasifera</i>	3
Вишня курильская	<i>P. kurilensis</i>	<i>P. incisa</i> × <i>P. sachalinensis</i>	1

В исследованиях ряда ученых достаточно информативным оказалось использование ряда веществ, в частности глобулинов и фенольных соединений в качестве геномных маркеров (Kravcova, 1982; Eremin, Polovjanov, 1984; Avdeev, 1992; Arklis, 2005; Vysockij, 2007; Carenko V. P., Carenko, N. A., 2007 et al.).

В ряде случаев маркерные признаки могут передаваться от одного вида косточковых растений другому виду в результате интрогрессивной гибридизации. Это может быть признак, жестко сцепленный с другими признаками, что может предопределять передачу от одного вида другому комплекс генов, расположенных в одной хромосоме.

Примером такой интрогрессивной гибридизации может служить передача от алычи персику гена *q*, контролирующего отсутствие опушения кожицы плода у нектарина. С этим признаком сцеплены ряд других признаков, характерных для нектаринов, – специфический аромат, пестрая окраска плода, сильное поражение мучнистой росой и ряд других морфологических, физиологических и биохимических признаков, что отличает сорта нектарина от сортов типичного персика, имеющего опушение плодов (Kravcova, 1982; Avdeev, 1992; Zhumabaeva, 1993; Arklis, 2005). Это, вероятно, связано с различиями персика и нектарина по одной хромосоме, переданной от алычи, в которой ген *q* жестко сцеплен с генами, контролирующими указанные признаки.

При исследовании наследования морфологических маркерных признаков видов рода *Prunus* было установлено, что некоторые из «основных» диплоидных видов принимают участие в процессе видообразования особенно часто. К их числу могут быть отнесены: алыча – *P. cerasifera* Ehrh., миндаль обыкновенный – *P. amygdalus* (L.) Batsh., миндаль метельчатый – *P. scoparia* Schneid., вишня серая – *P. canescens* Bois., вишня разрезанная – *P. incisa* Thunb. (табл. 2).

Таблица 2. Виды рода *Prunus* L., участвовавшие в происхождении ряда гибридогенных видов

Table 2. Species of the genus *Prunus* L. which participated in the origin of a number of hybridogenic species

Виды родительских форм	Виды, в происхождении которых участвовал этот вид
<i>P. cerasifera</i>	<i>P. spinosa</i> , <i>P. cocomilia</i> , <i>P. darvasica</i> , <i>P. dasycarpa</i> , <i>P. fenzliana</i> , <i>P. brigantiaca</i> , <i>P. webbii</i>
<i>P. microcarpa</i>	<i>P. spinosa</i> , <i>P. prostrata</i> , <i>P. cocomilia</i> , <i>P. spinosissima</i> , <i>P. buharica</i>
<i>P. canescens</i>	<i>P. maackii</i> , <i>P. fruticosa</i>
<i>P. incisa</i>	<i>P. kurilensis</i> , <i>P. nipponica</i>
<i>P. incana</i>	<i>P. nana</i> , <i>P. prostrata</i>
<i>P. scoparia</i>	<i>P. nana</i> , <i>P. webbii</i> , <i>P. spinosissima</i>
<i>P. amygdalus</i>	<i>P. fenzliana</i> , <i>P. buharica</i>

В продолжение ряда важнейших для культивирования и селекционном использовании видов косточковых растений значительную роль сыграла полиплоидия. В секциях подрода *Prunophora* – *Prunus*, *Microcerasus* и *Amygdalocerasus*, а также в секции *Typocerasus* подрода *Cerasus* полиплоидные дикорастущие виды – *P. spinosa* L., *P. darvasica* Tem., *P. prostrate* Labill., *P. pedunculata* Max., *P. maackii* Rupr., *P. fruticosa* Pall. приурочены к «крайним» для видов соответствующих секций природным условиям – более холодным или засушливым. Полиплоидные культивируемые виды – *P. cerasus* L. и *P. domestica* L., а также *P. triloba* Lindl. – наиболее распространенные полиплоидные виды сливы,

вишни и луизеании, характеризуются высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью.

У некоторых видов косточковых растений среди индивидов с типичным для них набором хромосом возникают полиплоидные растения и даже расы с более высоким числом хромосом. Такие спонтанные аутотетраплоиды встречаются среди генотипов сливы китайской, алычи, терна, микровишни низкой и войлочной, вишни серой и ложной. Они являются материалом для гибридизации с тетраплоидными генотипами в селекции на этом уровне ploidy.

Ряд сортов косточковых культур имеет склонность к образованию нередуцированных гамет. В филиале Крымская ОСС ВИР такие генотипы выделены среди сортов: черешня – ‘Вильгельмина Клейндинст’, ‘Никитская черная’, ‘Дрогана желтая’; абрикос – ‘Гросс Пелисье’, ‘Клинстон’; персик – ‘Сан хавен’, ‘Кремлевский’, ‘Адагумский’, ‘Слава Кубани’; вишня – ‘Гремяченская’; слива – ‘Санта Роза’, ‘Лакресцен’, ‘Тока’. Образовывают нередуцированные гаметы многие межвидовые гибриды, в частности: АП-1 (алыча × персик), Дружба (микровишня низкая × абрикос).

Спонтанные аутотетраплоиды и генотипы, склонные продуцировать нередуцированные гаметы, – ценный материал для селекционного использования в программах селекции косточковых культур с тетраплоидным набором хромосом. Но сами по себе аутотетраплоиды, как и генотипы, образующие нередуцированные гаметы, не являются исходным материалом для возникновения новых видов, поскольку они, как и индуцированные с использованием колхицина аутотетраплоиды диплоидных генотипов, отличаются от первоначальных диплоидов лишь по количественным показателям признаков, не формируют генотипов с новыми существенными признаками.

Все изучавшиеся полиплоидные виды подвидов *Prunophora* и *Cerasus* являются аллотетраплоидами. Механизм возникновения аллотетраплоидов у косточковых плодовых растений может быть различным. Опыты, проведенные в филиале Крымская ОСС ВИР, показали, что удвоение числа хромосом у бесплодных триплоидных гибридов между видами не привело к восстановлению женской фертильности, но повысило фертильность пыльцы (Eremin, Kovaleva, 2007; табл. 3).

Таблица 3. Число хромосом полиплоидных видов рода *Prunus* L.
Table 3. Chromosome numbers in the polyploid species of the genus *Prunus* L.

Полиплоидный вид		Геномы родительских видов			
название	число хромосом	вид	число хромосом	вид	число хромосом
Слива дарвазская	48,32	<i>P. domestica</i>	48	<i>P. prostrata</i>	32
Слива домашняя	48	<i>P. cerasifera</i>	16	<i>P. spinosa</i>	32
Терн	32	<i>P. cerasifera</i>	16	<i>P. microcarpa</i>	16
Луизеания черешковая	32	<i>P. ulmifolia</i>	16	<i>P. prostrata</i>	32
Луизеания трехлисточковая	64	<i>P. ulmifolia</i>	16	<i>P. grandulosa</i>	16
Микровишня простертая	32	<i>P. incana</i>	16	<i>P. microcarpa</i>	16
Вишня обыкновенная	32	<i>P. fruticosa</i>	32	<i>P. avium</i>	16
Вишня Маака	32	<i>P. canescens</i>	16	<i>P. maximowiczii</i>	16
Вишня степная	32	<i>P. canescens</i>	16	<i>P. mahaleb</i>	16

В то же время наблюдается достаточно высокая женская фертильность наряду с высокой жизнеспособностью пыльцы у сесквидиплоидов терна, как естественных, так и полученных в эксперименте от опыления его нередуцированной пыльцой диплоидных генотипов алычи, а также гибридов между диплоидными видами рода *Prunus*, опыленных гаплоидной пыльцой спонтанных или индуцированных аутотетраплоидов. Участие в возникновении и стабилизации полиплоидных видов плодовых сесквидиплоидов – более вероятный путь их формирования, чем путь удвоения хромосом у межвидовых гибридов F₁ (табл. 4).

Таблица 4. Фертильность межвидовых гибридов разнохромосомных видов *Prunus L.* с тетраплоидным терном
Table 4. Fertility of interspecific hybrids between *Prunus L. spp.* with different chromosome numbers and tetraploid blackthorn

Гибрид	Число хромосом	Плодовитость	% пыльцы жизнеспособной
Терн 61	48	нормальная	88,7
Терн №6 × алыча желтая	24	низкая	15,4
Терн №6 × алыча желтая, 4x	32	нормальная	80,5
Слива китайская Бербанк × Терн	24	бесплодность	37,4
Слива китайская Бербанк × Терн	48	0	56,0
Слива русская Земляничная × Терн	24	0	25,0
Слива русская Земляничная × Терн	48	0	74,5
Черный абрикос × Терн	32	нормальная	97,0
Тока × Терн 10-17	32	нормальная	88,1
Тока × Терн 16-9	32	нормальная	87,9
Терн №6 × персик	24	0	0
Терн №6 × персик	32	0	79,8
(Терн × алыча №6, 4x) × (Алыча × персик, 4x)	32	нормальная	92,0

Можно предположить, что участие нередуцированных гамет, образовавшихся в мейозе у тетраплоидных геномов, было важным направлением и в возникновении видов косточковых с более высоким уровнем плоидности: гексаплоидой сливы домашней (*P. domestica* L.) и октоплоидного вида луизеании трехлисточковой (*P. triloba*). Обращает на себя внимание и тот факт, что стабилизация геномов на полиплоидном уровне у сесквидиплоидов происходит сразу после формирования полиплоидного генома и расщепление в их потомстве на исходные виды не отмечено, в отличие от большинства гибридов диплоидных видов на этом же уровне плоидности.

В секции *Microcerasus* Webb. целесообразно перевести вид *P. microcarpa* С.А. Меу. из подсекции *Microcerasus* в подсекцию *Spiraeopsis* (Koehe) Erem.

Заключение

Для уточнения систематического положения ряда видов с целью более эффективного их использования предлагается ряд изменений в общепринятой системе этого вида в соответствии со сведениями и проявлениями несовместимости видов, а также наследования межвидовыми гибридами маркерных признаков компонентов скрещиваний [II].

Предлагается перевести в подрод *Prunophora* в ранг секции виды секции *Microcerasus* из подрода *Cerasus*, видов секции *Amygdalopsis* из подрода *Amygdalus*. Основанием для этого является тот факт, что виды секций *Microcerasus* и

Amygdalopsis легко скрещиваются с видами других секций подрода *Prunophora* (на 2-м уровне несовместимости), тогда как трудно скрещиваются с видами других секций подвидов *Cerasus* и *Amygdalus* (3 и 4 уровни несовместимости) [III]. Вид *P. maackii* необходимо перевести из подрода *Padus* в подрод *Cerasus*, поскольку при его гибридизации с представителями рода *Cerasus* отмечаются проявления 1 и 2 уровня несовместимости, тогда как гибридов с видами *Padus* не получено.

Тетраплоидные виды вишни выделены в секцию *Cerasus* подрода *Cerasus*, поскольку эти виды при гибридизации между собой проявляют 1 уровень несовместимости. У этих видов – *P. cerasus*, *P. fruticosa* и *P. canescens* в геномах присутствует геном диплоидного вида *P. canescens* и присутствуют общие для них маркерные признаки, унаследованные от последнего, в частности основание пестика, коричневая окраска коры штамба и ветвей, соцветие – щиток из 3-х цветков и ряд других.

Вид микровишня мелкоплодная – *P. microcarpa* имеет маркерные признаки, присущие видам подсекции *Spiraeopsis*, отсутствовавшие у видов микровишни подсекции *Microcerasus* (*Amygdalocerasus*): соцветие – щиток из 2-3 цветков, черная окраска кожицы плода, терпкий вкус мякоти плода и ряд других.

При использовании генетического потенциала косточковых плодовых растений в различных селекционных программах при выведении сортов следует включать в скрещивания в первую очередь генотипы видов одной секции, проявляющих 1-й уровень несовместимости. Это позволяет уже в F₁ получить достаточно продуктивные сорта с широким комплексом признаков.

В селекции клоновых подвоев, где не требуется выведение гибридов, плодоносящих нормально, целесообразно использовать виды в комбинациях между секциями одного подвида или другого подвида, проявляющих 1–3-ий уровни несовместимости.

Скрещивания видов 4-го уровня несовместимости бесперспективны для практической селекции косточковых культур.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0010 «Создание форм, линий, генетических источников и доноров новых эффективных генов и полигенов, контролируемых хозяйственно ценные признаки, а также выведение сортов нового поколения с надежной генетической защитой от вредоносных болезней и вредителей, высокой продуктивностью и качеством продукции», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710365-6.

References/Литература

- Avdeev V. I. et al. Comparative analysis of seed proteins: representatives of the subfamily Prunoideae Focke sem. Rosaceae by electrophoresis // Vegetable resources. 1992. vol. 28, iss. 2, pp. 83–89 [in Russian] (Авдеев В. И., Егзу Э. Э., Жадько М. Г. Сравнительный анализ белков семян: представителей подсемейства Prunoideae Focke сем. Rosaceae методом электрофореза // Растительные ресурсы. СПб, 1992. Т. 28., вып. 2. С. 83–89).
- Arklis O. V., Vysotskiy V. A., Tsvetkov I. L. Identification of stone cultures using molecular markers. Biotechnology: state and development prospects: III Moscow. Intern. of the Congress. (Moscow, 14-18 March 2005). Moscow, 2005, p. 223 [in Russian] (Арклис О. В., Высоцкий В. А., Цветков И. Л. Идентификация косточковых культур с помощью молекулярных маркеров. Биотехнология: состояние и перспективы развития: мат. III Моск. междунар. конгресса (Москва, 14-18 марта 2005 г.), М., 2005. С. 223).

- Eremin G. V., Polovjanov G. G. Origin and genome composition of the thorn and domestic plum. Dokl. VASHNIL, 1984, № 3, pp. 24–25 [in Russian] (Еремин Г.В., Половянов Г. Г. Происхождение и геномный состав терна и домашней сливы // Докл. ВАСХНИЛ. 1984. № 3. С. 24–25).
- Eremin G. V. The use of marker signs in the genomic analysis in stone fruit plants. Metody otbora po kompleksan b seleksii rasteniy: tez. dokl. Vsesoyuz. sobetsch, g. Simferopol, 26-28 sent. 1989 g. Yalta, 1989, p. 34 [in Russian] (Еремин Г. В. Использование маркерных признаков в геномном анализе у косточковых плодовых растений. Методы отбора по комплексам признаков в селекции растений: тез. докл. Всесоюз. совещ., г. Симферополь, 26-28 сент. 1989 г. Ялта, 1989. С. 34).
- Eremin G. V., Kovalyeva V. V. Thorn and bullace. Moscow : YUNION-pablik, 2007, 160 p. [in Russian] (Еремин Г. В., Ковалева В. В. Терн и тернослива. М. : ЮНИОН-паблик, 2007. 160 с.).
- Eremin G. V. Systematization of stone fruit plants // In : Pomologiya v 5-ti t. Orel, 2008, vol. 3, pp. 15–20 [in Russian] (Еремин Г. В. Систематика косточковых плодовых растений // В. кн. : Помология в 5-ти т. Орел, 2008. Т. 3. С. 15–20).
- Zhumabaeva S. E. Biochemical features of the composition of phenolic compounds of fruits of some representatives of the genus *Microcerasus* Webb. Emend Spach., *Armeniaca* Scop. and *Prunus* L. : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [in Russian] (Жумабаева С. Е. Биохимические особенности состава фенольных соединений плодов некоторых представителей рода *Microcerasus* Webb. Emend Spach, *Armeniaca* Scop. и *Prunus* L. : автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб. : ВИР, 1993. 20 с.).
- Kravcova T. A. Immunochemical analysis of some types of stone fruit crops (Кравцова Т. А. Иммунохимический анализ некоторых видов косточковых плодовых культур // Хемосистематика и эволюционная биология высших растений. М., 1982. С. 72–76).
- Tsarenko V. P., Tsarenko N. A. Wild stone fruit plants of the Far East of Russia Vladivostok : Dal`nauka, 2007, 301 p. [in Russian] (Царенко В. П., Царенко Н. А. Дикорастущие косточковые плодовые растения Дальнего востока России. Владивосток : Дальнаука, 2007. 301 с.).
- Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs. 1949. Macmillan Co. of Canada ltd. Toronto. 930 p.
- Watkins R. Cherry, plum, peach, apricot and almond: *Prunus* ssp. En. Ni. Simmonds (Ed) Evolution of Crop Plants. London : Longman, 1979.

От редколлегии.

Статья публикуется в авторской редакции. К ряду положений [I, II, III], декларируемых автором статьи, высказаны принципиальные возражения рецензентов.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-259-264

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.524.86: 633.11

**М. М. Ковалева,
Е. В. Зуев,
А. Н. Брыкова**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: mariya.kovaleva.62@mail.ru

Ключевые слова:

яровая мягкая пшеница, скрининг,
устойчивость, пыльная головня

Поступление:

06.09.2018

Принято:

19.09.2018

ОЦЕНКА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ НОВЫХ ПОСТУПЛЕНИЙ В КОЛЛЕКЦИЮ ВИР ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ

Актуальность. Пыльная головня (возбудитель – *Ustilago tritici* (Pers.) Rostr.) – одно из вредоносных заболеваний пшеницы, распространенное во всех регионах возделывания культуры. Селекционные учреждения России постоянно нуждаются в новом исходном материале для селекции на устойчивость к данной болезни. В отделе генетики Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) совместно с отделом генетических ресурсов пшеницы с 2016 г. проводится скрининг коллекции яровой мягкой пшеницы по устойчивости к пыльной головне. **Материал и методы.** В 2016–2018 гг. оценили 139 образцов яровой мягкой пшеницы из новых поступлений в коллекцию ВИР по устойчивости к пыльной головне на жестком инфекционном фоне по общепринятой методике (Krivchenko, 1984). В период цветения пшеницы инокулировали 7-10 колосьев каждого образца популяцией гриба, собранной на опытном поле ВИР в г. Пушкине. Жесткость инфекционного фона определяли по поражению восприимчивых контролей: ‘Reward’, ‘Diamant’, ‘Скала’. Оценку поражения проводили на следующий год после заражения, подсчитывая больные и здоровые колосья изучаемых образцов. **Результаты и выводы.** Выявили 10 устойчивых (не более 5% пораженных колосьев) образцов: 4 – из России, 2 – из Канады, по 1 сорту – из Испании, Китая, Пакистана, Таджикистана. Колосья 11 образцов на протяжении двух лет изучения не поражались возбудителем заболевания. На растениях восьми образцов симптомы заболевания не были выявлены в течение трех лет: ‘Салават Юлаев’ (к-65560, Башкортостан), ‘Фори 4’ (к-65592, Ленинградская область), ‘Диаблон’ (к-65444, Германия), ‘Ke Feng 10’ (к-65472, Китай), к-65479 (Алжир), к-65482 (Турция), ‘Alikat’ (к-65586, Канада) и ‘Selection 1403’ (к-65828, США). Данные сорта представляют интерес для селекции пшеницы на устойчивость к пыльной головне для Северо-Западного региона России.

M. M. Kovaleva,
E. V. Zuev,
A. N. Brykova

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: mariya.kovaleva.62@mail.ru

Key words:

spring bread wheat, screening,
resistance, loose smut

Received:

06.09.2018

Accepted:

19.09.2018

EVALUATION OF SPRING BREAD WHEAT ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION FOR RESISTANCE TO LOOSE SMUT

Background. Loose smut caused by *Ustilago tritici* (Pers.) Rostr. is one of the major diseases of wheat widespread in all areas of its cultivation. Breeding centers in Russia constantly need new sources of resistance to this disease. Screening of spring wheat accessions for resistance to loose smut has been carried out since 2016 in the Genetics Department of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) in collaboration with the Wheat Genetic Resources Department. **Materials and methods.** In the 2016–2018 growing seasons, new 139 accessions of spring bread wheat were screened for resistance to loose smut against a severe infection background according to the well-known method (Krivchenko, 1984). During wheat's flowering phase, from 7 to 10 ears of each accession were inoculated with a fungal infection collected on VIR's experimental field. The severity of the infection was determined by the disease symptoms on the susceptible reference cultivars: 'Reward', 'Diamant' and 'Scala'. Assessment of the infection lesions was carried out in the next year after inoculation by counting the diseased and healthy ears in each accession. **Results and conclusion.** The ears of eleven accessions were resistant to loose smut during two years of evaluation. During three years of evaluation the disease symptoms were not detected on the plants of eight accessions: 'Salavat Yulaev' (k-65560, Bashkortostan), 'Fori 4' (k-65592, Leningrad Province); 'Diablon' (k-65444, Germany), 'Ke Feng 10' (k-65472, China), k-65479 (Algeria), k-65482 (Turkey), 'Alikat' (k-65586, Canada) and 'Selection 1403' (k-65828, USA). Three years of evaluation showed that 10 varieties were moderately resistant (no more than 5% affected ears): 4 from Russia, 2 from Canada, and single accessions from Spain, China, Pakistan and Tajikistan. The mentioned accessions are of interest for the development of spring bread wheat cultivars with resistance to loose smut for cultivation in the North-Western region of Russia.

Введение

Пыльная головня пшеницы (возбудитель – *Ustilago tritici* (Pers.) Rostr.) – одно из вредоносных заболеваний пшеницы, распространенное во всех регионах возделывания культуры. Растение заражается в период цветения (цветковый тип инфекции). Хламидоспоры гриба, попадая на рыльце пестика и стенки завязи цветка, прорастают в промицелий и гаплоидные гифы. Последние, сливаясь, образуют патогенный мицелий, который внедряется в стенки завязи и развивающийся зародыш. К моменту восковой спелости мицелий окончательно локализуется в различных частях зерна. При прорастании зерна грибница тоже трогаётся в рост, распространяясь вверх по стеблю, впоследствии полностью или частично разрушая колос. Помимо прямых потерь урожая вследствие поражения колосьев проявляются и скрытые, к которым относят снижение качества урожая, плохая выполненность колоса, меньшая масса зерна и слабая устойчивость его к другим болезням.

При значительном развитии болезни потери урожая зерна могут достигать 10–15% (Kharina, 2015). В настоящее время наиболее эффективным признан генетический метод защиты, требующий изучения расового состава возбудителя заболевания и поиска источников генов устойчивости (Buenkov, 2005). В отделе генетики Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) совместно с отделом генетических ресурсов пшеницы с 2016 г. проводится скрининг коллекции яровой мягкой пшеницы по устойчивости к пыльной головне с целью выделения источников и доноров устойчивости к заболеванию для вовлечения их в селекцию.

Материал и методы

В 2016–2018 гг. на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ПЛ ВИР, Санкт-Петербург) изучили 139 образцов яровой мягкой пшеницы по устойчивости к пыльной головне на искусственном инфекционном фоне. Исследовали современные сорта и линии из 29 стран мира. Большинство образцов поступили в коллекцию ВИР из стран Азии и России.

В первый год образцы высевали по одному рядку длиной 1 м, восприимчивые контроли ('Reward' к-8094, 'Diamant' к-25019, 'Скала' к-41173) размещали через каждые 20 номеров. Для инокуляции растений использовали популяцию гриба, собранную в ПЛ ВИР. В период цветения пшеницы (восприимчивая фаза) заражали 7-10 колосьев каждого образца. У изучаемого образца надрезали колосковые и цветочные чешуи для доступа хламидоспор к завязи цветка, одевали изолятор и затем прокручивали пораженный головней колос вокруг испытываемого, не снимая изолятора (Бахарева, 1980). Зараженный колос опрыскивали водой для создания влажной камеры, и изолятор закрывали скрепкой.

Инфицированные зерна на следующий год высевали на делянках шириной 1 м (по 1–3 ряда), что зависело от количества зараженных зерен. Через каждые 20 образцов в опыте высевали контрольные сорта, которые инокулировали одновременно с исследуемыми образцами. Поражение пыльной головней оценивали по проценту пораженных колосьев данного образца в фазу полной спелости зерна. Для определения устойчивости образца пользовались шкалой (Krivchenko, 1987):

- 0 – высокая устойчивость, поражение отсутствует;
- 1 – практическая устойчивость, поражение не превышает 5%;
- 2 – слабая восприимчивость, поражение не превышает 25%;

- 3 – средняя восприимчивость, поражение не превышает 50%;
4 – сильная восприимчивость, поражение более 50%.

О качестве заражения судили по поражению восприимчивых контролей. Ежегодно выбраковывали восприимчивые и средневосприимчивые. Высокоустойчивые, устойчивые и слабовосприимчивые образцы оценивали в течение трех лет.

Результаты и обсуждение

Инфекционный фон в период исследований был достаточно высок (табл. 1). Восприимчивые контроли в разной степени поражались пыльной головней по годам изучения. В 2016 г. более восприимчивым оказался сорт ‘Скала’, а в 2017 г. – сорт ‘Diamant’. Однако в 2018 г. в качестве восприимчивого контроля был оставлен только сорт ‘Скала’, так этот образец имел стабильно высокий процент поражения пыльной головней по годам исследования (см. табл. 1).

Таблица 1. Степень поражения восприимчивых контролей возбудителем пыльной головни (Пушкин, 2016–2018 гг.)
Table 1. The degree of loose smut infection (%) on the susceptible references (Pushkin, 2016-2018)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Поражение пыльной головней, %		
		2016 г.	2017 г.	2018 г.
8097	‘Reward’	–	58,2	–
25019	‘Diamant’	38,9	70,9 – 73,1	–
41173	‘Скала’	60,0 – 63,6	51,7 – 59,2	35,7 – 83,5

Исследуемые формы существенно различались по устойчивости к патогену. В табл. 2 представлена максимальная пораженность образцов пшеницы в течение двух-трех лет изучения. В зависимости от происхождения высокоустойчивые (балл 0) и устойчивые (балл 1) к пыльной головне образцы пшеницы распределились следующим образом: Россия – 11, Северная Америка – 4, Китай – 4, Европа – 3, Центральная Азия – 3, Малая Азия и Ближний Восток – 2, Африка – 1, Австралия – 1.

В результате проведенного скрининга выделили 29 устойчивых к пыльной головне форм (табл. 2). К устойчивым образцам (балл 1) отнесли сорта и линии из России, Канады, Испании, Китая, Пакистана и Таджикистана. Высокой устойчивостью к пыльной головне характеризовались 19 образцов, среди них 8 не поражались грибом на протяжении трех лет. Ниже приводим краткие паспортные характеристики высокоустойчивых к пыльной головне образцов яровой мягкой пшеницы.

‘Диаблон’ (к-65444, Германия) – разновидность *erythrosperrum* Korn. Сорт создан фирмой «Дойче Заатверделунг». В коллекцию ВИР включен в 2012 г., получен из СибНИИРС от Зыряновой А.Ф.

‘Ke Feng 10’ (к-65472, Китай) – разновидность *erythrosperrum* Korn. Сорт создан Хэйлунцзянской академией сельскохозяйственных наук. В коллекцию ВИР включен в 2009 г., получен от оригинатора.

к-65479, Алжир. – разновидность *albidum* Al. Местный сорт, собран в районе г. Батна 30 мая 1975 г. В коллекцию ВИР включен в 2006 г., по выписке из международного центра ИКАРДА.

к-65482, Турция – разновидность *erythrosperrum* Korn. Местный сорт, собран в провинции Ван, 23 км на запад от г. Эрциза. В коллекцию ВИР включен в 2007 г., по выписке из международного центра ИКАРДА

‘Салават Юлаев’ (к-65560, РФ, Башкортостан) – разновидность *lutescens* (Alef.) Mansf. Сорт Башкирского ГАУ, включен в реестр сортов РФ с 2008 г. В коллекцию ВИР включен в 2013 г. из Сибирского НИИСХ. Родословная – Омская 30 × Омская 20.

‘Alikat’ (к-65586, Канада) – разновидность *lutescens* (Alef.) Mansf. Солрт создан в Университете штата Альберта. В коллекцию ВИР включен в 2012 г. Родословная – Катерва*3/Maringa.

Таблица 2. Устойчивость образцов яровой мягкой пшеницы к пыльной головне в зависимости от происхождения
Table 2. Resistance of spring bread wheat accessions to loose smut depending on their origin

Происхождение	Изучено образцов	Распределение образцов по баллам поражения				
		0	1	2	3	4
Россия	34	7	4	6	10	7
		Европа				
Финляндия	1	–	–	–	1	–
Великобритания	1	–	–	–	1	–
Австрия	1	–	–	–	1	–
Германия	6	2	–	1	2	1
Польша	1	–	–	–	–	1
Чехия	3	–	–	–	1	2
Беларусь	1	–	–	–	1	–
Испания	2	–	1	–	1	–
Всего по группе образцов	16	2	1	1	8	4
		Малая Азия и Ближний Восток				
Турция	3	2	–	–	–	1
Сирия	3	–	–	1	1	1
Ливан	2	–	–	–	–	2
Оман	1	–	–	–	–	1
Всего по группе образцов	9	2	–	1	1	5
		Центральная Азия				
Казахстан	6	–	–	1	2	3
Узбекистан	5	1	–	1	1	2
Таджикистан	5	–	1	1	2	1
Иран	2	–	–	–	–	2
Афганистан	8	–	–	5	1	2
Пакистан	5	–	1	–	4	–
Индия	2	–	–	–	1	1
Непал	1	–	–	1	–	–
Всего по группе образцов	34	1	2	9	11	11
		Восточная и Юго-Восточная Азия				
Китай	16	3	1	4	6	2
		Африка				
Марокко	2	–	–	–	1	1
Алжир	1	1	–	–	–	–
Тунис	4	–	–	1	2	1
Эфиопия	1	–	–	–	–	1
Всего по группе образцов	8	1	–	1	3	3
		Северная Америка				
Канада	8	1	2	1	1	3
США	4	1	–	2	–	1
Всего по группе образцов	12	2	2	3	1	4
Австралия	10	1	–	1	4	4
Всего по опыту шт./(%):	139/100	19/13.7	10/7.2	26/18.7	44/31.7	40/28.8

‘Фори 4’ (к-65592, РФ, Ленинградская обл.) – разновидность *erythrospertum* Korn. Линия создана в отделе генетики ВИР Б. В. Ригиным. В коллекцию ВИР включен в 2010 г. Родословная – Фотон × Рико.

‘Selection 1403’ (к-65828, США) – разновидность *albirubrum* (Koern.) Mansf. Линия создана в Университете штата Орегон. В коллекцию ВИР включен в 2011 г.

Заключение

Скрининг 139 образцов яровой мягкой пшеницы из новых поступлений в коллекцию ВИР выявлено высокое разнообразие изученных форм по устойчивости к пыльной головне. Восемь образцов проявили устойчивость к заболеванию в течение трех лет изучения. Выделенные формы представляют интерес для селекции пшеницы на иммунитет к пыльной головне для Северо-Западного региона России.

Работа выполнена в рамках государственного задания по тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0019 «Скрининг генофонда основных сельскохозяйственных культур по устойчивости к болезням и вредителям с использованием современных лабораторных методов, изучение эффективности источников устойчивости к вредным организмам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710361-8.

References/Литература

- Bakhareva Zh. A., Lubin A. N.* Kharakteristika ustoichivosti k pylnoi golovne obraztsov yachmenya iz kolleksii VIR v usloviyakh Zapadnoi Sibiri. // *Zachshita rastenii ot vreditel'ei, boleznei isornyakov.* Novosibirsk, 1980, vol. 130, pp. 58–62. [in Russian] (*Бахарева Ж. А., Лубин А. Н.* Характеристика устойчивости к пыльной головне образцов ячменя из коллекции ВИР в условиях Западной Сибири. // *Защита растений от вредителей, болезней и сорняков.* Новосибирск, 1980, Т. 130. С. 58–62).
- Buenkov A. Yu.* Saratovskaya populyatsiya pyl'noi golovni pshenitsy i donory ustoichivosti k nei : aftoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. Saratov, 2008, 18 p. [in Russian] (*Буенков А.Ю.* Саратовская популяция пыльной головки пшеницы и доноры устойчивости к ней: автореф. дисс. канд. с.-х. наук. Саратов, 2008. 18 с.).
- Krivshenko V. I.* Ustoichivost zernovykh kolosovykh k vozбудitelyam golovnevykh boleznei. Moscow : Kolos, 1984, 304 p. [in Russian] (*Кривченко В. И.* Устойчивость зерновых колосовых к возбудителям головневых болезней. М. : Колос, 1984. 304 с.).
- Kharina A.V.* Adaptivnyi potentsial ustoichivykh k pylnoi golovne sortov yarovoi pshenitsy / *Agrarnaya nauka Evro Severo Vostoka.* 2015, no 3 (46), pp 28–31. [in Russian] (*Харина А. В.* Адаптивный потенциал устойчивых к пыльной головне сортов яровой пшеницы // *Аграрная наука Евро Северо-Востока.* 2015. № 3 (46). С. 28–31).
- Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu golovneustoichivosti zernovykh kolosovykh kultur / Sost.: *Krivchenko V. I., Myagkova D. V., Zhukova A. E., Khokhlova A. P.* Leningrad : VIR, 1987, 109 p. [in Russian] (*Методические указания по изучению головнеустойчивости зерновых колосовых культур / Сост.: Кривченко В. И., Мягкова Д. В., Жукова А. Э., Хохлова А. П.* Л. : ВИР, 1987. 109 с.).

УДК 633.16:581.573.4

Г. С. Коновалова,
Е. Е. Радченко

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: konovalova.g.s@gmail.com

Ключевые слова:

ячмень, ринхоспориоз, гены
устойчивости, патоген,
гибридологический анализ

Поступление:

23.04.2018

Принято:

19.09.2018

**НАСЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К
РИНХОСПОРИОЗУ У ЧЕТЫРЕХ ОБРАЗЦОВ
МЕСТНОГО ЯЧМЕНЯ**

Актуальность. Ринхоспориоз (возбудитель – *Rhynchosporium secalis* (Oudem.) J.J. Davis) – повсеместно распространенное вредоносное заболевание ячменя. Для патогена характерно дифференциальное взаимодействие с генотипами растения-хозяина. Следовательно, наиболее рациональная стратегия селекции растений должна предусматривать расширение генетического разнообразия возделываемых сортов. Установлено, что большинство районированных в последнее время сортов ячменя и выявленных ранее источников устойчивости к *R. secalis* восприимчивы к этому патогену. Лишь один ген устойчивости *Rrs9* сохраняет высокую эффективность против популяций *R. secalis* в Северо-Западном регионе России. Ранее мы выявили высокую частоту устойчивых к ринхоспориозу образцов среди местных ячменей. С помощью гибридологического анализа показали, что образцы к-3307, к-15868, к-18989 и к-3481 из Китая защищены эффективными генами устойчивости к *R. secalis*, различающимися между собой и не аллельными генам *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* и *Rrs9*. Цель настоящей работы – исследовать генетический контроль устойчивости к опасному патогену еще у четырех образцов местного ячменя.

Материалы и методы. Изучали наследование устойчивости к ринхоспориозу у образцов ячменя к-16233, к-27205 (Китай), к-27768 (Индия) и к-22299 (Эквадор). Применяли два экспериментальных подхода – изучение дифференциального взаимодействия патогена с растением-хозяином (лаборатория) и гибридологический анализ (поле). Эксперименты проводили с изолятами и клонами *R. secalis*, выделенными из растений, собранных в Ленинградской области и на Северном Кавказе. Устойчивость растений оценивали с помощью балловых шкал от 0 (отсутствие симптомов поражения) до 4 (лаборатория) и от 0 до 5 (поле). Баллы 0, 1 и 2 относили к реакции устойчивости.

Результаты и выводы. Анализ взаимодействия тест-клонов *R. secalis* с растением-хозяином показал, что образцы местного ячменя к-16233, к-27205 (Китай), к-27768 (Индия) и к-22299 (Эквадор) защищены эффективными генами устойчивости к ринхоспориозу, различающимися между собой и не аллельными эффективным ранее генам *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* и эффективному гену *Rrs9*. С помощью гибридологического анализа установлено, что образец к-27205 имеет один доминантный ген устойчивости к патогену, к-16233, к-27768 и к-22299 – по два доминантных гена устойчивости. Гены устойчивости у этих форм проявляются на протяжении всех этапов онтогенеза ячменя.

G. S. Konovalova,
E. E. Radchenko

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: konovalova.g.s@gmail.com

Key words:

barley, scald, resistance genes,
pathogen, hybridological analysis

Received:

23.04.2018

Accepted:

19.09.2018

INHERITANCE OF SCALD RESISTANCE IN FOUR BARLEY LANDRACES

Background. Scald (caused by *Rhynchosporium secalis* (Oudem.) J.J. Davis) is one of the most harmful barley diseases. The pathogen is characterized by the differential interaction with the host plant genotypes. Therefore, the most rational plant breeding strategy should envisage broadening of genetic diversity of cultivated varieties. It has been found that the majority of the recently released barley varieties and of the previously identified sources of resistance to *R. secalis* are now susceptible to the pathogen. Only the resistance gene *Rrs9* maintains efficiency against the pathogen populations in the Russian Northwest. Earlier, we have found scald resistant barleys to be frequent among barley landrace accessions. It was demonstrated by the hybridological analysis that accessions k-3307, k-15868, k-18989 and k-3481 are protected by effective scald resistance genes that differ from each other, and which are not allelic to the *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* or *Rrs9* genes. The goal of the present work was to study genetic control to the dangerous pathogen in four other barley landraces. **Materials and methods.** The inheritance of scald resistance was analyzed in barley accessions k-16233, k-27205 (China), k-27768 (India) and k-22299 (Ecuador). The study employed two experimental techniques, that is, the pathogen/host plant differential interactions analysis in the lab, and the hybridological analysis in the field. The experiments were carried out using *R. secalis* isolates and clones from the pathogen populations sampled in the North Caucasus and the Russian Northwest. Resistance was scored against the scales from 0 (no symptoms) to 4 points (in the lab), and from 0 to 5 points (in the field). Plants that scored 0–2 points were regarded as resistant. **Results and conclusions.** The analysis of the pathogen clone/host plant interaction has shown that the landraces k-16233, k-27205 (China), k-27768 (India) and k-22299 (Ecuador) are protected by effective genes of scald resistance which differ from each other and are non-allelic to the previously effective genes *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* and the currently effective *Rrs9*. According to the hybridological analysis data, k-27205 has one dominant gene of scald resistance; k-16233, k-27768 and k-22299 are protected by two dominant effective resistance genes, all of which manifest themselves at all the stages of plant ontogenesis.

Введение

Ринхоспориоз (возбудитель – *Rhynchosporium secalis* (Oudem.) J. J. Davis) – повсеместно распространенное заболевание ячменя. В годы эпифитотий потери урожая могут достигать 40%. Одна из причин высокой вредоносности патогена – изменчивость гриба, которая обуславливает формирование новых агрессивных патотипов и, соответственно, потерю устойчивости ряда сортов. Установлено, что большая часть районированных в последнее время сортов ячменя восприимчива к этому патогену. По разным литературным источникам, в настоящее время известно от 14 до 17 локализованных в хромосомах *Hordeum vulgare* L. *Rrs*-генов устойчивости к ринхоспориозу (Bjørnstad et al., 2002; Nanemann et al., 2009), однако большинство из них неэффективны против популяций возбудителя болезни, распространенных в России. Результаты многолетней работы с почти изогенными линиями (NIL) ячменя показали, что первоначально 4 гена (*Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* и *Rrs9*) были эффективны против популяций *R. secalis* в Северо-Западном регионе России, однако затем изменение состава инокулюма и благоприятные для развития болезни погодные условия обусловили потерю устойчивости трех линий, как и многих выделенных нами устойчивых сортов, ранее устойчивых к ринхоспориозу. Лишь одна линия с геном *Rrs9* сохранила высокую эффективность (Konovalova, Soboleva, 2010), однако в последнее время выделяются и клоны гриба, вирулентные к линии ячменя с геном *Rrs9* (Soboleva et al., 2016).

Местные стародавние образцы сельскохозяйственных культур зачастую являются носителями эффективных генов устойчивости к фитопатогенам. Наши эксперименты продемонстрировали значение для селекции ячменя на иммунитет к ринхоспориозу местных форм, большая часть которых собрана еще во времена первых экспедиций ВИР. Анализ взаимодействия 32 устойчивых к ринхоспориозу образцов ячменя из восьми стран различных эколого-географических регионов мира с клонами *R. secalis* показал отличие аллелей, обуславливающих устойчивость к патогену у этих форм, от эффективных ранее генов *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7*, а также от сохраняющего эффективность *Rrs9*. С помощью гибридологического анализа показали, что образцы из Китая к-15868 и к-3481 имеют по два комплементарных рецессивных гена устойчивости к *R. secalis*, к-18989 – два рецессивных гена, а образец к-3307 – один рецессивный ген устойчивости к патогену (Soboleva et al., 2016).

Цель настоящего исследования – изучить генетический контроль устойчивости к опасному патогену еще у четырех выделенных ранее образцов местного ячменя.

Материалы и методы

Анализировали наследование устойчивости к *R. secalis* у озимых (к-16233, к- 27205, Китай) и яровых (к-27768, Индия, к-22299, Эквадор) форм ячменя.

Для заражения растений использовали изоляты и моноспоровые культуры гриба, выделенные из растений, собранных в Ленинградской области и на Северном Кавказе. Изоляцию, клонирование и культивирование проводили по оригинальной методике. В качестве инокулюма использовали культуру *R. secalis* 14-дневного возраста. Для оценки ювенильной устойчивости использовали метод инокуляции отрезков листьев ячменя, помещенных на поверхность агара (1%), содержащего бензимидазол (50 мг/л). На листья наносили капли (20 мкл) споровой суспензии гриба с концентрацией 500–700 тыс. конидий в 1 мл. Типы реакции растений учитывали через 21 день после заражения по шкале (Konovalova, 2008): 0 – отсутствие симптомов болезни; 1 – точечный некроз в месте нанесения капли; 2 – некроз с хлорозом или без него, ограниченный диаметром инфекционной капли; 3 – некроз с хлорозом, распространяющийся по отрезку листа; 4 – окаймленный

некроз, занимающий всю поверхность листа. Баллы 0, 1 и 2 относили к реакции устойчивости, 3 и 4 – к реакции восприимчивости.

В полевых условиях растения в фазу кущения – выхода в трубку опрыскивали споровой суспензией гриба (500 тыс. конидий/мл) и накрывали полиэтиленовой пленкой на 12 ч для создания влажной камеры. В качестве инокулюма использовали смесь 27 изолятов, выделенных из двух популяций *R. secalis* (Санкт-Петербург, Пушкин; Рождествено Ленинградской области). Поражение болезнью оценивали с помощью шкалы (Konvalova, 2008):

0 – иммунный (отсутствие симптомов заболевания);

1 – высокоустойчивый (точечный некроз, поражено не более 3–5% поверхности листьев нижнего яруса);

2 – умеренно устойчивый (некротические пятна вдоль кромки листа, окруженные хлорозом; поражено не более 30% поверхности листьев нижнего яруса и единичные пятна на листьях 2-го яруса);

3 – восприимчивый (сливающиеся некрозы с хлорозом по всей поверхности листа; поражено не более 50% поверхности листьев нижнего яруса и 10% – листьев 2-го яруса);

4 – высоко восприимчивый (сливающиеся некрозы с хлорозом по всей поверхности листа, нижние листья засыхают; поражено до 80% поверхности листьев нижнего яруса, 30% – 2-го яруса, единичные пятна на верхних листьях);

5 – высоко восприимчивый (сливающиеся некрозы с хлорозом по всей поверхности листа, листья нижнего и 2-го ярусов засыхают; поражено 90–100% поверхности листьев нижнего и 2-го ярусов, 20% – верхних листьев).

Генетический контроль устойчивости к ринхоспориозу изучали с помощью двух подходов: метода тестирующих клонов (фитопатологический тест) и гибридологического анализа. Согласно постулату Х. Флора (Flor, 1956) «ген-на-ген», генотип растения-хозяина можно определить без гибридологического анализа, пользуясь изолятами возбудителей болезней, маркированных определенной вирулентностью. Если хотя бы один клон патогена, авирулентный к тестеру данного гена устойчивости, поражает изучаемый сорт, это означает, что сорт не имеет функционального аллеля данного гена.

По пять отрезков листьев каждого из выделенных образцов и четырех почти изогенных линий с известными генами устойчивости к ринхоспориозу (*Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* и *Rrs9*) заражали 30-ю моноспоровыми культурами гриба. При отмирании отрезков листьев универсально восприимчивого сорта ‘Cambrinus’ оценивали типы реакции опытных образцов на заражение патогеном по упомянутой выше шкале.

Выделенные по устойчивости образцы ячменя скрещивали на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ПЛ ВИР, Санкт-Петербург). Для определения числа генов, контролирующей устойчивость к болезни, образцы скрещивали с восприимчивым сортом ‘Cambrinus’. Для изучения аллельных отношений генов устойчивости выделенные образцы скрещивали между собой, а также с почти изогенными линиями. В качестве тестеров эффективных по литературным данным генов устойчивости *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7*, *Rrs9* (Konvalova, Soboleva, 2010) использовали почти изогенные линии NIL4, NIL6, NIL7 и NIL9. Гибридологический анализ проводили в поколениях F₁ и F₂ в полевых условиях, а также F₃ – в лаборатории. При оценке F₂ гибридов в поле к классу устойчивых относили растения, тип реакции которых соответствовал баллам 0, 1 и 2, к классу восприимчивых – 3, 4 и 5. В лабораторных условиях учитывали поражение семей F₃ по упомянутой ранее шкале, где 0–2 балла соответствуют реакции устойчивости, 3 и 4 балла – восприимчивости. Для определения соответствия полученных (фактических) и теоретически ожидаемых данных использовали критерий χ^2 .

Результаты и обсуждение

При тестировании устойчивости четырех образцов и почти изогенных линий NIL 4, NIL 6, NIL 7, NIL 9 к коллекции клонов, выделенных из природных популяций гриба, наблюдали дифференциальное взаимодействие паразита и хозяина. В таблице 1 представлены результаты опытов с пятью наиболее «информативными» клонами гриба. При заражении образцов клонами 4 и 5, вирулентными к тестерам известных генов устойчивости, наблюдали устойчивые типы реакций у образцов к-16233, к-22299 и к-27768, т.е. эти формы защищены аллелями генов устойчивости, нетождественных *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* и *Rrs9*. На различие генетического контроля устойчивости к возбудителю ринхоспориоза у образца к-27205 и тестеров идентифицированных генов указывает дифференциальное взаимодействие изученной формы с клонами 1, 2 и 3. Попарное сравнение устойчивости образцов ячменя к упомянутым в таблице клонам гриба свидетельствует о том, что все четыре образца защищены разными аллелями генов устойчивости. Так, восприимчивость к-16233 к клону 3 свидетельствует о различии генетического контроля устойчивости у этого образца и остальных изученных форм ячменя. Образец к-27768 имеет аллели генов, отличающиеся от аллелей, которыми защищены образцы к-27205 (реакции на заражение клонами 1, 4 и 5) и к-22299 (клон 5). Наконец, выявлено различие генетического контроля устойчивости к возбудителю ринхоспориоза у образцов к-27205 и к-22299 (взаимодействие с клонами 1 и 4).

Таблица 1. Устойчивость образцов ячменя к клонам *R. secalis*
Table 1. Resistance of barley accessions to *R. secalis* clones

Образец	Происхождение	Номер клона <i>R. secalis</i>				
		1	2	3	4	5
к-16233	Китай	S	R	S	S	R
к-27205	Китай	S	R	R	S	S
к-22299	Эквадор	R	R	R	R	S
к-27768	Индия	R	R	R	R	R
NIL 4 (<i>Rrs4</i>)	Швеция	S	S	R	S	S
NIL 6 (<i>rrs6</i>)	Швеция	R	R	S	S	S
NIL 7 (<i>rrs7</i>)	Швеция	R	R	R	S	S
NIL 9 (<i>Rrs9</i>)	Швеция	R	R	R	S	S

*Здесь и далее: R – устойчивость образца; S – восприимчивость

В поле на искусственном инфекционном фоне анализировали гибриды от скрещивания четырех устойчивых образцов с восприимчивым сортом ‘Cambrinus’. Все растения F₁ были устойчивы к патогену, что указывает на доминантный характер наследования признака у изучаемых образцов. Результаты расщепления F₂ гибридов от скрещивания устойчивых форм с восприимчивым сортом ‘Cambrinus’ представлены в таблице 2. Расщепление по моногибридной схеме выявили в F₂ к-27205 × Cambrinus (один доминантный ген устойчивости). В остальных комбинациях наблюдали расщепление по двум генам устойчивости. Соотношение устойчивых (R) и восприимчивых (S) фенотипов в F₂ к-22299 × Cambrinus, к-16233 × Cambrinus, к-27768 × Cambrinus не противоречит ожидаемому при контроле признака двумя доминантными генами устойчивости.

Изученные выборки трех гибридных комбинаций малы, особенно к-27768 × Cambrinus. Растения F₂ довели до созревания и анализировали семьи F₃. Соотношение устойчивых (R), расщепляющихся (RS) и восприимчивых (S) семей (11 : 10 : 1) соответствовало ожидаемому при контроле признака двумя доминантными генами 7 : 8 : 1 ($\chi^2 = 1,66$; P = 0,20 – 0,50).

Фитопатологический тест показал, что все образцы защищены разными генами устойчивости. В то же время гены, идентифицированные с помощью тест-клонов, могут являться новыми эффективными аллелями уже известных локусов.

Таблица 2. Расщепление по устойчивости к *R. secalis* F₂ гибридов от скрещивания устойчивых образцов с восприимчивым сортом Cambrinus
Table 2. Segregation for resistance to *R. secalis* in F₂ hybrids from crosses of resistant accessions with susceptible variety Cambrinus

Комбинация скрещивания	Соотношение фенотипов R : S		χ^2	Вероятность P
	фактическое	ожидаемое		
к-27205 × Cambrinus	80 : 32	3 : 1	0,761	0,25 – 0,50
к-16233 × Cambrinus	93 : 7	15 : 1	0,096	0,75 – 0,80
к-22299 × Cambrinus	91 : 5	15 : 1	0,178	0,50 – 0,75
к-27768 × Cambrinus	27 : 1	15 : 1	0,343	0,50 – 0,75

Здесь и в табл. 3 $\chi^2_{0,05} = 3,84$

Таблица 3. Расщепление по устойчивости к *R. secalis* F₂ гибридов от скрещивания устойчивых образцов
Table 3. Segregation for resistance to *R. secalis* in F₂ hybrids from crosses of resistant accessions

Комбинация скрещивания	Соотношение фенотипов R : S		χ^2	Вероятность P
	фактическое	ожидаемое		
к-27205 × к-22299	194 : 2	63 : 1	0,374	0,50 – 0,75
к-22299 × к-27205	116 : 2	63 : 1	0,590	0,25 – 0,50
к-27205 × к-27768	191 : 5	63 : 1	1,245	0,25 – 0,50
к-27768 × к-27205	207 : 3	63 : 1	0,024	0,80 – 0,90
к-27205 × к-16233	207 : 3	63 : 1	0,024	0,80 – 0,90
к-16233 × к-27768	308 : 1	255 : 1	0,535	0,25 – 0,50
к-27768 × к-22299	294 : 1	255 : 1	0,019	0,90 – 0,95

Изучили аллельные отношения генов устойчивости к *R. secalis* у выделенных образцов (табл. 3), а также ранее идентифицированных генов *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7*, *Rrs9*. Результаты опытов подкрепляют вывод о моногенном контроле признака у образца к-27205 и дигенном – у образцов к-16233, к-22299 и к-27768. Соотношение фенотипов удовлетворяет предположению о том, что образцы защищены разными аллелями генов устойчивости. Расщепление не выявлено (198R : 0S) лишь в комбинации к-22299 × к-16233, что, очевидно, обусловлено недостаточностью изученной выборки. Образцы защищены генами устойчивости к *R. secalis*, отличающимися от идентифицированных ранее генов *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7*, *Rrs9*: во всех комбинациях скрещиваний выделенных форм с почти изогенными линиями наблюдали расщепление по устойчивости к патогену.

Для популяций *R. secalis* характерна высокая изменчивость по признаку вирулентности, в силу чего коммерческие сорта ячменя зачастую становятся восприимчивыми к грибу. Выделенные нами образцы дифференциально взаимодействуют с клонами гриба, однако сохраняют устойчивость к популяции *R. secalis* уже свыше десяти лет. В течение четырех лет мы проводили мониторинг степени поражения почти изогенных линий. На начальном этапе работы линии с генами *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* были высоко устойчивы к патогену, однако затем изменение состава инокулюма и благоприятные для развития болезни погодные условия обусловили потерю устойчивости этих линий, как и многих выделенных нами устойчивых образцов (Konvalova, Soboleva, 2010). В полевых условиях на жестком инфекционном фоне лишь одна линия, несущая ген *Rrs9*, в течение свыше десяти лет сохраняет высокую устойчивость, однако мы выделили клоны гриба,

вирулентные и к этому гену устойчивости. Мы полагаем, что вирулентные к сортам с геном *Rrs9* клоны гриба менее конкурентноспособны в сравнении с остальными и вытесняются в природных популяциях *R. secalis* (Soboleva et al., 2016).

Надежные критерии для прогнозирования срока «полезной жизни» генов устойчивости отсутствуют. Лишь расширение генетического разнообразия возделываемых сортов может способствовать его продлению. Ранее мы выявили образцы, которые защищены новыми нетождественными аллелями генов устойчивости к ринхоспориозу: к-15868 и к-3481 имеют по два комплементарных рецессивных гена устойчивости к *R. secalis*, к-18989 – два рецессивных гена, а образец к-3307 – один рецессивный ген устойчивости. Фитопатологический тест показал различие генетического контроля к патогену у этих местных ячменей и образцов, результаты изучения которых представлены в данной статье (Soboleva et al., 2016). Доминантный характер наследования признака у образцов к-16233, к-27205, к-27768 и к-22299 также свидетельствует о различии генов устойчивости у двух групп ячменя.

Выводы

Образцы местного ячменя к-16233, к-27205 (Китай), к-27768 (Индия) и к-22299 (Эквадор) защищены эффективными генами устойчивости к ринхоспориозу, различающимися между собой и не аллельными генам *Rrs4*, *rrs6*, *rrs7* и *Rrs9*. Образец к-27205 имеет один доминантный ген устойчивости к патогену, к-16233, к-27768 (Индия) и к-22299 – по два доминантных гена устойчивости.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0019 «Скрининг генофонда основных сельскохозяйственных культур по устойчивости к болезням и вредителям с использованием современных лабораторных методов, изучение эффективности источников устойчивости к вредным организмам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710361-8.

References/Литература

- Konovalova G. S. Scald / The study of the genetic resources of cereal crops for resistance to harmful organisms. Moscow: Rosselchozakademia, 2008, pp. 129–135 [in Russian] (Коновалова Г. С. Ринхоспориоз / Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие. М.: Россельхозакадемия, 2008. С. 214–257).
- Konovalova G. S., Soboleva O. N. Sources of barley resistance to scald causal agent (*Rhynchosporium secalis*) from South-East Asia [in Russian] (Коновалова Г. С., Соболева О. Н. Источники устойчивости ячменя из Юго-Восточной Азии к возбудителю ринхоспориоза (*Rhynchosporium secalis*) // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44, вып. 3. С. 248–254).
- Soboleva O. N., Konovalova G. S., Radchenko E. E. Genetic control of scald resistance in barley landraces // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektcii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 2016, vol. 20, no. 5, pp. 622–628 [in Russian] (Соболева О. Н., Коновалова Г. С., Радченко Е. Е. Генетический контроль устойчивости образцов местного ячменя к ринхоспориозу // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20, № 5. С. 622–628). DOI: 10.18699/VJ16.141.
- Bjørnstad Å., Patil V., Tekauz A., Marøy A. G., Skinnes H., Jensen A., Magnus H., MacKey J. Resistance to scald (*Rhynchosporium secalis*) in barley (*Hordeum vulgare*) studied by near-isogenic lines: I. Markers and differentials isolates // Phytopathology, 2002, vol. 92, no. 7, pp. 710–720. DOI: 10.1094/PHYTO.2002.92.7.710.
- Flor H. H. The complementary genic systems in flax and flax rust // Adv. Genet., 1956, vol. 8, pp. 29–54. [https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(08\)60498-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(08)60498-8)
- Hanemann A., Schweizer G. F., Cossu R., Wicker T., Röder M. S. Fine mapping, physical mapping and development of diagnostic markers for the *Rrs2* scald resistance gene in barley // Theor. Appl. Genet., 2009, vol. 119, no. 8, pp. 1507–1522. DOI: 10.1007/s00122-009-1152-9.

УДК 633.11: 581.573.4

Т. В. Лебедева,
Е. В. Зуев,
А. Н. Брыкова

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: riginbv@mail.ru

Ключевые слова:

яровая мягкая пшеница, мучнистая
роса, вирулентность, фазы роста

Поступление:

16.05.2018

Принято:

19.09.2018

ПРОЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ У ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ВИР

Актуальность. Мучнистая роса – вредоносное заболевание пшеницы, поражающее растение на всех фазах роста. Важным средством борьбы с болезнью является выведение устойчивых сортов к *Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal. Цель работы – выявление резистентных к мучнистой росе сортов мягкой пшеницы. **Материалы и методы.** Материалом для исследования служили 465 сортов яровой мягкой пшеницы из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Инокулюмом для заражения растений являлась природная популяция мучнисторосяного гриба. Растения оценивали в разные фазы развития – проростки, колошение и цветение. Оценку поражаемости проводили по 5-балльной шкале, учитывая хлорозы и некрозы. **Результаты и выводы.** Большинство сортов в фазах взрослого растения оказались умеренно восприимчивы (16,8%) или восприимчивы (72,7%) к природной популяции гриба. Выделена группа сортов пшеницы без видимых поражений, но с хлорозными пятнами на листьях (10,5%). Анализ устойчивости этой группы сортов в фазе проростков выявил резистентные к мучнистой росе образцы ‘Kandela’, ‘Arabeska’, ‘Batalj’, ‘Stilet’’. Обсуждается возможность несоответствия генетического контроля устойчивости к мучнисторосяному грибу на разных этапах онтогенеза растений пшеницы.

T. V. Lebedeva,
E. V. Zuev,
A. N. Brykova

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: riginbv@mail.ru

Key words:

spring bread wheat, fungus, virulence,
powdery mildew resistance

Received:

16.05.2018

Accepted:

19.09.2018

THE EXPRESSION OF POWDERY MILDEW RESISTANCE IN SPRING BREAD WHEAT CULTIVARS FROM THE VIR COLLECTION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Background. Powdery mildew caused by *Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal. is a widespread foliar disease of common wheat in regions with cool and wet conditions. The disease infects the foliage, stem and spike of the wheat host. The most economical and environmentally safe method for controlling powdery mildew is the development of resistant bread wheat cultivars. The objective of this work was to analyze wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to a powdery mildew population. **Materials and methods.** The VIR collection of plant genetic resources is a rich source of genetic materials. The study of resistance to the fungus employed 465 common wheat cultivars. The plants were inoculated at the seedlings, heading and flowering stages of plant development. The population of fungus was virulent to *Pm1*, *Pm2*, *Pm3a-d*, *Pm4a-b*, *Pm5a*, *Pm6*, *Pm7*, *Pm8*, *Pm9*, *Pm16*, *Pm19* and avirulent to *Pm12*. For the estimation of plant damage, a scale from 0 (no damage) to 4 (abundant pustules) was used. **Results and conclusions.** The estimation of powdery mildew resistance was made in the field on adult plants. Out of 465 cultivars, resistant accessions amounted to 10,5%, intermediate ones to 16.8%, and susceptible ones to 72.7%. Generally, the resistant varieties originated from Europe and Russia. The group of the resistant cultivars (adult plants) was inoculated with fungus at the seedling stage and the plant damage was estimated. The cultivars ‘Kandela’, ‘Arabeska’, ‘Batalj’, ‘Stillet’ were resistant at all growth stages. The genetic control of powdery mildew resistance at different wheat growth stages was discussed.

Введение

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – одна из самых важных зерновых культур, однако ее производство лимитировано биотическими и абиотическими стрессами. Вследствие поражения мучнистой росой продуктивность этой культуры в разных климатических условиях снижается на 10–60%. Наибольший ущерб регистрируется в умеренно теплых и достаточно увлажненных районах, в том числе и на Северо-Западе России (Mwale et al., 2014)

Возбудитель – *Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal. (Bgt) – поражает листья, стебель, колос; притом существенно изменяется ход физиологических процессов и, как следствие, – ослабевает способность растений к кущению, снижается абсолютный вес семян, уменьшается озерненность колосьев. Заболеванию способно в короткий промежуток времени охватить значительные площади, вызывая частые эпифитотии.

Внутривидовой наследственный потенциал мягкой пшеницы по устойчивости к мучнистой росе довольно беден. Генетическими и фитопатологическими тестами выявлено и описано более 70 генов, ответственных за устойчивость растений к этому заболеванию (Mwale et al., 2014). Мировая коллекция генетических ресурсов растений ВИР дает возможность поиска устойчивых типов растений и использования их в селекционных программах.

Важным средством борьбы с болезнями является выведение устойчивых к патогенам сортов сельскохозяйственных культур. Однако устойчивость ограничена во времени из-за появления биотипов гриба с новой вирулентностью, способных быстро расселиться на больших площадях. Поэтому постоянный поиск новых эффективных генов устойчивости к болезни и введение их в перспективные сорта является необходимым этапом селекции.

Целью настоящей работы является анализ реакции образцов пшеницы коллекции ВИР на заражение популяцией возбудителя мучнистой росы в разные фазы развития растений.

Материал и методы

Исследовали 465 образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции генетических ресурсов растений ВИР¹. Инокулятом являлась популяция Bgt, собранная с восприимчивых растений пшеницы на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ПЛ ВИР, Санкт-Петербург). Популяцию гриба-возбудителя мучнистой росы анализировали с использованием изогенных линий и тест-линий мягкой пшеницы. Оценку проростков пшеницы проводили при искусственном заражении популяцией гриба в лабораторных условиях. Выращивание растений и инкубирование на них гриба проводили в камере Barnstead при 12-часовом фотопериоде и температуре 16°C (день), 13°C (ночь). Семидневные проростки заражали путем стряхивания конидий с сильно пораженных мучнистой росой растений пшеницы. Степень устойчивости оценивали по шкале качественной реакции (Mains, Diets, 1930). Показателями проявления заболевания растений мучнистой росой явились интенсивность и характер спороношения, качественные реакции тканей растений в ответ на внедрение патогена (хлорозы и некрозы). К классу устойчивых относили растения,

¹Уникальная научная установка, регистрационный номер USU_505851

поражение которых не превышало 1 балл, умеренно устойчивых – 2 балла. Восприимчивыми считали растения с поражением 3 и 4 балла.

Растения злаков наиболее восприимчивы к мучнистой росе в периоды колошения и цветения. Во время кушения запас инфекции в поле невелик и растения почти не поражены. К периоду колошения и цветения инфекция образуется обильно, и развитие болезни идет интенсивно. В своих опытах именно в этих фазах развития растений мы оценивали проявление заболевания на естественном фоне заражения грибом, используя следующую шкалу: 0 – отсутствие поражения; 1 – очень слабое поражение в виде мелких подушечек или слабого налета на листьях или междоузлиях нижнего яруса; 2 – умеренное количество подушечек на нижнем ярусе; 3 – среднее поражение, массовое развитие подушечек главным образом на нижнем ярусе, на верхнем ярусе отдельные рассеянные пятна; 4 – сильное поражение – подушечки по всему стеблестоя, иногда поражен колос (Krivchenko et al. 2008). Дополнительно отмечали наличие хлорозов, некрозов и степень их выраженности.

Результаты и обсуждение.

Фенотипическое разнообразие мягкой пшеницы к Vgt оценили на разных фазах развития растений: проростки, колошение и цветение. Исследовали 465 образцов пшеницы различного происхождения (табл. 1). Рабочая коллекция включала сортимент России (103 образца), стран Европы (121 образец), Восточной и Юго-Восточной Азии (89), Малой Азии и Ближнего Востока (51), Северной Америки (47). Сортимент других районов представлен в меньшей степени.

Таблица 1. Распределение образцов яровой мягкой пшеницы по степени поражения мучнистой росой взрослых растений.

Table 1. Distribution of spring bread wheat accessions according to the degree of powdery mildew infection (adult plant)

Происхождение	Изучено образцов	Распределение образцов по баллам поражения				
		хлороз	0	1	2	3–4
Австралия	6	1	–	–	–	5
Африка	9	–	–	1	–	8
Восточная и Юго-Восточная Азия	89	3	–	–	5	81
Европа	121	14	11	10	40	46
Закавказье	1	1	–	–	–	–
Малая Азия и Ближний Восток	51	1	–	1	12	37
Россия	103	6	–	–	15	82
Северная Америка	47	–	–	–	3	44
Центральная Азия	22	1	–	–	2	19
Южная Америка	16	–	–	–	–	16
Всего	465	27	11	11	78	338

Прохладный, сырой летний период в последние годы благоприятствовал проявлению инфекции на посевах ПЛ ВИР. Степень поражения оценивали на естественном инфекционном фоне дважды – в периоды колошения и цветения пшеницы. Растения с поражением 3 и 4 балла рассматривали как восприимчивые. Стеблестой таких растений был поражен в сильной степени, у некоторых хорошо развитые пустулы наблюдали на колосковых чешуях и остях. Группа устойчивых растений характеризовалась наличием отдельных пустул (балл 1), отсутствием

видимого мицелиального налета (балл 0) либо хлорозными пятнами на листьях (хл.). Хлорозы на посевах пшеницы можно объяснить не только сверхчувствительностью растения к грибу, но и поражением другими патогенами и вредителями.

В таблице 1 представлено распределение образцов пшеницы по степени поражения Vgt. Как оказалось, из 465 исследованных образцов мягкой пшеницы только 10,5% устойчивы к болезни, 16,8% умеренно восприимчивы и 72,7% восприимчивы к Vgt. Большая часть устойчивых в период колошения и цветения сортов поступили в коллекцию ВИР из стран Европы. Среди восприимчивых сортов выделилась группа, поражение растений которой в период колошения составила 2–3 балла, а в следующий период роста (цветение) симптомы поражения на этих образцах не наблюдали, отмечали лишь хлорозы или некрозы на листьях. Эту группу сортов анализировали по устойчивости к Vgt в ювенильной фазе в лабораторных условиях (табл. 2). Популяция имела гены вирулентности к генам устойчивости *Pm1*, *Pm2*, *Pm3a-d*, *Pm4a-b*, *Pm5a*, *Pm6*, *Pm7*, *Pm8*, *Pm9*, *Pm16*, *Pm19* и авирулентна к *Pm12*.

Анализ выявил устойчивые к болезни образцы на всех фазах развития: ‘Arabeska’, ‘Kandela’ (Польша), ‘Batalj’, ‘Stilett’ (Швеция). Остальные образцы в фазе проростков были поражены на 2, 3 и 4 балла.

Общепринято, что иммунитет проростков коррелирует с высокой устойчивостью взрослого растения. В нашем эксперименте отдельные сорта, восприимчивые в проростках, не поражались Vgt в поздние периоды развития (см. табл. 2). Таким же образом ведет себя линия Transec (*Pm7*), имеющая устойчивость от ржи: линия устойчива во взрослой фазе и восприимчива в проростках (Hsam, Фавре с соавторами (Favret et al., 1983) наблюдали различия в поражении Vgt пластинки листа и колеоптиля растений сортов ‘Asosan’ (*Pm3a*) и ‘Chul’ (*Pm3b*). Беннетт (Bennett, 1981) показала, что в патосистеме мучнистая роса – пшеница некоторые сорта, восприимчивые в проростках, являются сравнительно устойчивыми во взрослом состоянии. Вероятно, эти сорта имеют частичную устойчивость к болезни и могут быть ценным материалом в селекции на долговременную устойчивость к мучнистой росе. Гены, определяющие такую устойчивость, влияют на все факторы нарастания болезни: уменьшают размер и число пустул, количество спор на пустулу (Miedaner et al., 2007) Сорта с этим типом резистентности культивируют многие годы без потери устойчивости к болезни. Так, сорта ‘Кнох 62’ и ‘Massey’ занимают в США довольно большие площади и сохраняют непоражаемость мучнистой росой не один десяток лет. Долговременной устойчивостью обладают следующие сорта: ‘Torno’ (Швейцария), ‘RE714’ (Франция), ‘Fukuho-komugi’ (Япония), ‘Folke’ (Швеция), ‘Naxos’ (Германия). Часто главные гены, контролирующие этапы проявления такого типа устойчивости, связаны с хромосомами 1AS, 1BL, 2BL и 7DS (Lillemo et al., 2012).

Устойчивость пшеницы к Vgt может контролироваться разными генетическими системами на разных фазах развития. Сорта мягкой пшеницы ‘Восток’ и ‘Грекум 114’ (в родословной генетический материал от пырея) имеют доминантный ген, контролирующий устойчивость к Vgt только взрослых растений. У сорта ‘Коммунар’ из трех доминантных генов устойчивости к Vgt взрослого растения в фазе проростков функционируют два из них (Lebedeva, 1994). Устойчивость линии мягкой пшеницы к-15560 в ювенильной фазе контролирует один ген, в фазе колошения – два гена, один из которых функционирует на протяжении всего развития растения. Методом моносомного анализа определили локализацию этого гена в хромосоме 7BL (Peusha et al., 2002). У некоторых сортов мягкой пшеницы

поступившую устойчивость к Bgt обеспечивают доминантные аллели генов. Эти гены имеют плеiotропный эффект на устойчивость к нескольким ржавчинным болезням и связаны с образованием некрозов на листьях (*Ltn*) растений. Ген *Pm38* идентифицирован в сортах 'Strampelli', 'Saar', 'Fukuho-Komugi' и используется в селекции сортов с длительной устойчивостью (Li et al., 2014).

Таблица 2. Устойчивость к мучнистой росе сортов яровой мягкой пшеницы в разные фазы развития растений
Table 2. Powdery mildew resistance in spring bread wheat varieties at different stages of plant development

Сорт	Происхождение	Поражаемость (балл) в фазе	
		проростков	колошения
Кинельская юбилейная	Россия	3	2
Йолдыз	Россия	3	2
Хаят	Россия	3	1
Свиток	Россия	2	2
Ласка	Белоруссия	2	2
KWS Torrida	Великобритания	3	1
KWS Alderon	Великобритания	3	хл
KWS Willow	Великобритания	3	1
Quintus	Германия	3	3
Almetaga	Турция	2	1
Kandela	Польша	0	хл
Arabeska	Польша	0	хл
Struna	Польша	3	1
Lagwa	Польша	3	1
Канюк	Франция	2	2
Dafna	Чехия	3	2
Izzy	Чехия	4	2
Alondra	Чехия	4	2
Batalj	Швеция	1	1
Stilett	Швеция	1	1
Digana	Швейцария	2	1
CH Campala	Швейцария	3	2
CH Matro	Швейцария	2	1
Togano	Швейцария	3	1
Рифор	Россия	4	4
Сибирка Ярцевская	Россия	4	4

Заключение

Таким образом, проявление признака устойчивости к мучнистой росе у мягкой пшеницы зависит от многих факторов и контролируется генами, экспрессирующимися на разных фазах роста растений. В результате полевых и лабораторных исследований устойчивости к заболеванию 465 сортов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР выявили 24 образца, устойчивых в фазе цветения и 4 образца ('Arabeska', 'Kandela', 'Batalj', 'Stilett'), резистентных на всех фазах развития. Эти данные могут быть полезны для планирования селекционных работ по устойчивости к мучнистой росе пшеницы.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0019 «Скрининг генофонда основных сельскохозяйственных культур по устойчивости к болезням и вредителям с использованием современных лабораторных методов, изучение эффективности источников устойчивости к вредным организмам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710361-8.

References/Литература

- Bennett F. G. A. The expression of resistance to powdery mildew infection in winter wheat cultivars II Adult plant resistance // Ann. Appl. Biol., 1981, vol. 98, pp. 305–317.
- Favret E. A., Franzone P. M., Fischbeck G. Different reaction to powdery mildew (*Erysiphe graminis*) in coleoptile and first leaf of wheat seedling // Z. Pflanzung., 1983, vol. 4, pp. 339–342.
- Hsam S. L. K., Zeller F. J. Breeding for powdery mildew resistance in common wheat (*Triticum aestivum* L.) // The Powdery mildews. A comprehensive treatise. Ed. by Richard R. Bélanger, William R. Bushnell, Aleid J. Dik and Timothy L. W. Carver. APSpress. Minnesota, 2002. P. 219–238.
- Krivchenko V. I., Lebedeva T. V., Peusha H. O. Muchnistaya rosa zlakov. - *Izuchenie geneticheskikh resursov zernovih kultur po ustoichivosti k vrednim organizmam*. Metodicheskoye posobie. Moskva. 2008. pp. 86-105 [in Russian] (Кривченко В. И., Лебедева Т. В., Пешуша Х. О. Мучнистая роса злаков. //Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие. Россельхозакадемия. Москва, 2008. С. 86-105).
- Lebedeva T. V. Genetics of resistance of common wheat to powdery mildew // Genetika, 1994, vol. 30, no 10, pp. 1343–1351 [in Russian] (Лебедева Т. В. Генетика устойчивости пшеницы к мучнистой росе // Генетика. 1994. Т. 10, № 10. С. 1343–1351).
- Li Z., Lan C., He Z., Sing R., Rosewarne G., Chen X., Xia X. Overview and application of QTL for adult plant resistance to leaf rust and powdery mildew in wheat // Crop Science, 2014, vol. 54, pp. 1907–1925. DOI: 10.2135/cropsci2014.02.0162.
- Lillemo M., Bjørnstad Å., Skinnes H. Molecular mapping of partial resistance to powdery mildew in winter wheat cultivar Folke // Euphytica, 2012, vol. 185, pp. 47–59. DOI: 10.1007 / s10681-011-0620-x.
- Mains E. B., Dietz S.M. Physiologic forms of barley mildew *Erysiphe graminis* DC. // Phytopath., 1930, vol. 20, no. 3, pp. 229–239.
- Miedaner T., Flath K. Effectiveness and environmental stability of quantitative powdery mildew (*Blumeria graminis*) resistance among winter wheat cultivars // Plant Breeding, 2007, vol. 126, pp. 553–558. Doi: 10.1111/j1439-0523.2006.01353.x.
- Mwale V. M., Chilembwe H. C., Uluko H. C. Wheat powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) damage effects and genetic resistance developed in wheat (*Triticum aestivum*) // Plant Sci., 2014, vol.5, no.1, pp. 1–16. Doi [http:// dx.doi.org /10.14303 /irjps.2013.068](http://dx.doi.org/10.14303/irjps.2013.068).
- Peuška H., Lebedeva T. V., Priilinn O., Enno T. Genetic analysis of durable powdery mildew resistance in a common wheat line // Hereditas, 2002, vol. 136, pp. 201–206.

УДК 635.21:632.9

Е. В. Рогозина¹,
Н. А. Чалая¹,
М. А. Кузнецова²,
В. Н. Демидова²,
А. Н. Рогожин²,
Т. И. Сметанина²,
М. П. Бекетова³,
О. А. Фадина³,
Э. Е. Хавкин³

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: erogozina@vir.nw.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Россия, 143050, Одинцовский р-н, Московская обл., р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, 5-а,

³ Всероссийский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Россия 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 42,

Ключевые слова:

Phytophthora infestans, *Solanum*, сорт, межвидовой гибрид, долговременная устойчивость, кластерный анализ, *Rpi*-гены устойчивости к фитофторозу

Поступление:

29.05.2018

Принято:

19.09.2018

УСТОЙЧИВЫЕ К ФИТОФТОРОЗУ ГИБРИДНЫЕ КЛОНЫ КАРТОФЕЛЯ В КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ВИР

Актуальность. Фитофтороз является широко распространенным и вредоносным заболеванием картофеля. Использование генетического разнообразия культурных и дикорастущих сородичей картофеля из коллекции ВИР позволяет создавать межвидовые гибриды – перспективные родительские формы для селекции на устойчивость к фитофторозу. **Цель исследования.** Отбор гибридных клонов картофеля с высокой и долговременной устойчивостью к фитофторозу и выделение среди них генотипов перспективных для поиска новых генов или новых аллелей уже известных генов устойчивости к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. **Материалы и методы.** В течение 2015–2017 гг. в Северо-Западном и Центральном регионах России в полевых условиях оценены 45 гибридных клонов, несущих генетический материал от двух до девяти видов секции *Petota* Dumort. рода *Solanum* L., и шесть сортов картофеля, использованных в качестве контроля. Определяли относительную степень поражения растений фитофторозом (rAUDPC – relative Area Under Disease Progress Curve), относительную устойчивость к фитофторозу (Sx) и балл поражения растений в конце вегетации. В лабораторных опытах 36 генотипов оценены на устойчивость к заражению вирулентными высоко агрессивными изолятами *P. infestans*. из Государственной коллекции ВНИИФ (Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии). Параллельно с помощью ДНК-маркеров определено присутствие трех генов устойчивости к фитофторозу (*Rpi* – Resistance to *Phytophthora infestans*), обладающих широкой специфичностью по отношению к расам этого патогена. **Результаты и выводы.** Начальный период заражения, скорость развития патогена и степень поражения растений картофеля фитофторозом существенно различались в 2015–2017 гг. Показатели rAUDPC у гибридов и сортов картофеля в разные годы варьировали, но связь между значениями rAUDPC у одних и тех же генотипов была статистически значимой ($r = 0.87–0.94$). Ежегодно сорт ‘Sargo Mira’ и клоны 10/05-09 и 50/1 КВА отличались высокой устойчивостью к заболеванию (Sx = 7–8 баллов). У остальных генотипов картофеля значения показателя Sx зависели от года испытания. При искусственном заражении устойчивы к *P. infestans* сорт ‘Sargo Mira’ и 12 гибридных клонов: 38 КВА, 24-1, 24-2, 16/27-09, 4-1-2012, 118-5-2011, 39-1-2005, 50/1 КВА, 12/1-09, 171-3, 134-2-2006 и 15/13-09. Установлена средняя степень согласованности оценок устойчивости картофеля в полевых и лабораторных опытах: коэффициент корреляции Спирмена $r = 0.45–0.50$ ($p < 0.05$). При кластерном анализе 36 генотипов картофеля распадались на три группы, которые значительно различались по устойчивости к фитофторозу в различных условиях среды. Высокая устойчивость к фитофторозу предположительно связана с присутствием генов устойчивости с широкой расовой специфичностью ($R8 = Rpi-smira2$ у ‘Sargo Mira’ и *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1* у межвидовых гибридов).

E. V. Rogozina¹,
 N. A. Chalaya¹,
 M. A. Kuznetsova²,
 V. N. Demidova²,
 A. N. Rogozin²,
 T. I. Smetanina²,
 M. P. Beketova³,
 O. A. Fadina³,
 E. E. Khavkin³

¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44, Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000 Russia, e-mail: erogozina@vir.nw.ru

²All-Russian Research Institute of Phytopathology (VNIIF), 5-a, Institute St., Bolshiye Vyazemy Sett., Moscow Province, 143050, Russia
³All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology (ARRIAB), 42, Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russia

Key words:

Phytophthora infestans, *Solanum*, variety, interspecific hybrid, durable resistance, cluster analysis, *Rpi* genes of resistance to *P. infestans*

Received:

29.05.2018

Accepted:

19.09.2018

LATE BLIGHT RESISTANT POTATO HYBRID CLONES IN THE VIR COLLECTION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Background. Late blight (LB) causes serious damage to potato crop. The genetic diversity of potato and their wild relatives in the VIR collection served as the basis for creating interspecific hybrids. **Objective of the study.** Selection of hybrid potato clones with high and long-term resistance to LB and identification of genotypes that can serve as the most promising sources of new LB resistance genes or new alleles of the already known resistance genes. **Materials and methods.** In 2015–2017, 45 hybrid clones with genetic material from two to nine species of *Solanum* L. section *Petota* Dumort. and six potato varieties were assessed in field conditions in the Northwestern and Central regions of Russia. The index of plant damage by *P. infestans* (rAUDPC), relative resistance to LB (Sx) and damage to plants at the end of growth period were determined. Thirty-six genotypes were evaluated in the lab for resistance to highly aggressive *P. infestans* isolates from the collection of VNIIF (All-Russian Research Institute of Phytopathology). In parallel, DNA markers were used to reveal three genes that confer broad-spectrum resistance to *P. infestans* (*Rpi*). **Results and conclusions.** The initial period of infection, the rate of pathogen development and the degree of potato crop damage by LB differed significantly in 2015, 2016 and 2017. The relationship between rAUDPC values in different years of study was statistically significant for hybrids and potato varieties ($r = 0.87-0.94$). Each year, var. ‘Sarpó Mira’, clones 10 / 05-09 and 50/1 KBA were highly resistant to LB (Sx = 7–8 points). As to other potato genotypes, the values of the Sx index varied between the years of the study. ‘Sarpó Mira’ and 12 clones, namely 38 KVA, 24-1, 24-2, 16/27-09, 4-1-2012, 118-5-2011, 39-1-2005, 50/1 KBA, 12/1-09, 171-3, 134-2-2006 and 15/13-09 were highly resistant to artificial infection with *P. infestans*. The average degree of consistency of potato resistance assessments in the field and laboratory experiments was established: the Spearman correlation coefficient r was 0.45–0.50 ($p < 0.05$). In the cluster analysis, 36 potato genotypes were divided into three groups, which differed significantly in their resistance to LB under various environmental conditions. High resistance to LB correlated with the presence of resistance genes that confer broad-spectrum resistance ($R8 = Rpi-smira2$ in ‘Sarpó Mira’ and *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* and *Rpi-vnt1* in interspecific hybrids).

Введение

Мировое производство картофеля, как и другие отрасли сельского хозяйства, находится под влиянием климатических изменений, наблюдаемых в последнее столетие во всех регионах планеты. Помимо непосредственного влияния режимов тепло- и влагообеспеченности на рост и развитие растения, изменения климата оказывают заметное воздействие на популяции вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. В частности, отмечены значительные изменения в популяциях оомицета *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, возбудителя фитофтороза – важнейшей в экономическом отношении болезни картофеля. Во многих регионах мира возникновение новых агрессивных рас *P. infestans* привело к более раннему поражению посадок картофеля, быстрому развитию заболевания и значительному увеличению потерь урожая (Cooke et al., 2012; Fry et al., 2013; Lehsten et al., 2017; Kuznetsova et al., 2018).

Для современного агропроизводства необходимы сорта со стабильной продуктивностью, устойчивые к воздействию абиотических и биотических стрессовых факторов. Создание таких сортов основано на использовании генетического разнообразия культурных форм и дикорастущих сороричей сельскохозяйственных растений. Методом половой гибридизации образцов из генофонда картофеля в коллекции Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова» (ВИР) созданы клоны межвидовых гибридов – перспективные родительские формы для селекции картофеля на устойчивость к заболеваниям (Kozlov, Rogozina, 2014; Rogozina, Khavkin, 2017; Simakov et al., 2017; Rogozina et al., 2018).

Депонированные в коллекции генетических ресурсов растений ВИР сорта и гибридные клоны картофеля поддерживаются вегетативно в условиях центрального полевого генного банка ВИР, расположенного в г. Пушкин (Санкт-Петербург) на территории общей площадью 18 га. В двух полевых севооборотах ежегодно выращивают более 1500 сортов, несколько сотен гибридных клонов, клубненосные дикие и культурные виды рода *Solanum* L. Генетическое разнообразие и длительный (более 40 лет) период выращивания образцов картофеля на локальном участке сформировали уникальный агробиоценоз, условия которого благоприятны для проявления болезней и развития вредителей. Мониторинг популяций возбудителя фитофтороза на полях коллекции картофеля свидетельствует о наличии двух типов совместимости (A1 и A2), что является предпосылкой для полового процесса в цикле размножения *P. infestans*, обеспечивающего высокое генетическое разнообразие изолятов. Генотипирование методом SSR-анализа показало, что изоляты *P. infestans*, выделенные из образцов картофеля в центральном полевым генном банке, отличаются большим полиморфизмом в сравнении с изолятами, выделенными из сортового картофеля в Ленинградской обл. (Kuznetsova et al., 2016; Sokolova et al., 2017). Очевидно, что выращивание коллекционных образцов картофеля в условиях высокого инфекционного фона, при наличии в местной популяции генетически разнообразных патотипов *P. infestans*, способствует отбору генотипов картофеля с высокой устойчивостью к широкому спектру рас возбудителя фитофтороза.

Цель исследования – выявить в коллекции генетических ресурсов растений ВИР гибридные клоны картофеля с высокой и долговременной устойчивостью к фитофторозу и выделить среди них генотипы, перспективные для поиска новых генов или новых аллелей уже известных генов устойчивости к *P. infestans*. ДНК-маркеры использованы для скрининга гибридных клонов по генам устойчивости

к фитофторозу: *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1*, эффективных против широкого спектра рас паразита (Vossen et al., 2014). Цель исследования – выявить в коллекции генетических ресурсов растений ВИР гибридные клоны картофеля с высокой и долговременной устойчивостью к фитофторозу и выделить среди них генотипы, наиболее перспективные для поиска новых генов или новых аллелей уже известных генов устойчивости к *P. infestans*. ДНК-маркеры позволили определить, связана ли устойчивость этих клонов к фитофторозу с присутствием трех генов устойчивости: *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1*, эффективных против широкого спектра рас паразита (Vossen et al., 2014).

Материал и методы

Исследовали 45 гибридных клонов, созданных на основе образцов коллекции генетических ресурсов растений ВИР, и шесть сортов картофеля, которые широко используются в качестве контроля при определении устойчивости картофеля к фитофторозу (Colon et al. 2004). В родословных гибридных клонов присутствуют от двух до девяти видов секции *Petota* Dumort. рода *Solanum* L., в том числе дикорастущие североамериканские виды (*S. stoloniferum* Schlecht., *S. bulbocastanum* Dun., *S. polytrichon* Rydb., *S. pinnatisectum* Dun., *S. vallis-mexici* Juz.), южноамериканские виды (*S. berthaultii* Hawkes, *S. microdontum* Bitt., *S. simplicifolium* Bitter, *S. acaule* Bitt., *S. spagazzinii* Bitt., *S. alandiae* Cardenas, *S. chacoense* Bitt., *S. okadae* Hawkes et Hjerting) и культурные виды (*S. andigenum* Juz. et Buk., *S. phureja* Juz. et Buk., *S. rybinii* Juz. et Buk.). Контролями служили восприимчивые сорта ‘Bintje’, ‘Robijn’, ‘Петербургский’ и устойчивые сорта ‘Sargo Mira’, ‘Escort’ и ‘Наяда’.

В течение трех последовательных сезонов вегетации (2015–2017 гг.) образцы картофеля были оценены по устойчивости к фитофторозу в условиях центрального полевого генного банка ВИР (Северо-Западный регион РФ, Пушкин, Санкт-Петербург) и на опытных участках Всероссийского НИИ фитопатологии (Центральный регион РФ, Большие Вяземы, Московская обл.). Каждый испытуемый образец представлен 10 растениями на рендомизированно размещенных делянках.

В период наблюдений в центральном полевым генном банке ВИР у восприимчивых сортов отмечали время появления первых симптомов фитофтороза и полной гибели растений. У каждого испытуемого образца с интервалом в 7–10 дней отмечали размер площади листовой поверхности, пораженной заболеванием, и максимальное поражение растений в конце вегетации. Полученные данные использовали для расчета rAUDPC (relative Area Under the Disease Progress Curve), т. е. относительной величины площади под кривой развития болезни, которая рекомендована для сравнения образцов в одном эксперименте. rAUDPC рассчитывают путем деления AUDPC, установленной по результатам наблюдений, на общее количество дней между первым и последним наблюдениями умноженное на 100 (Forbes et al., 2014)

Ежегодные результаты оценки развития болезни на сортах и гибридах картофеля (показатели rAUDPC) были соотнесены с поражением восприимчивого стандарта – сорта ‘Bintje’ в годы испытаний. На основе значений rAUDPC для каждого генотипа картофеля определяли показатель относительной устойчивости гибридного клона или сорта к фитофторозу – Sx, которое рекомендовано использовать для сопоставления результатов испытаний одних и тех же генотипов картофеля на устойчивость к фитофторозу в разных условиях среды:

$S_x = S_y (D_x/D_y)$, где

$S_y = rAUDPC$ генотипа картофеля

$D_x = 9$ баллов (заданное значение шкалы восприимчивости сорта Bintje)

$D_y = rAUDPC$ восприимчивого сорта Bintje (Forbes et al., 2014)

Устойчивость сортов и гибридов картофеля к фитофторозу в условиях Московской обл. определяли на основе наблюдений за степенью поражения растений фитофторозом. Учеты степени поражения растений фитофторозом проводили по шкале Британского микологического общества (James, 1972). Далее, 30 клонов и шесть сортов из этой выборки были оценены по устойчивости при искусственном заражении *P. infestans*. В лабораторных опытах ВНИИФ отделенные листья выращенных в теплице растений заражали агрессивным изолятом *P. infestans*, содержащим 11 генов вирулентности (1-11) (Kuznetsova et al., 2014). Для выявления *Rpi* генов *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1* использовали ранее валидированные маркеры (Fadina et al., 2017).

Экспериментальные данные обрабатывали с помощью методов описательной статистики, корреляционного и кластерного анализа в программе Statistica 6.1 Stat Soft, Inc. (США).

Результаты

Развитие фитофтороза на растениях сортов и гибридов картофеля в полевых испытаниях 2015–2017 гг.

Метеоусловия вегетационных периодов в годы проведения полевых испытаний (2015–2017 гг.) характеризовались существенной пространственно-временной неоднородностью (рисунки 1–4).

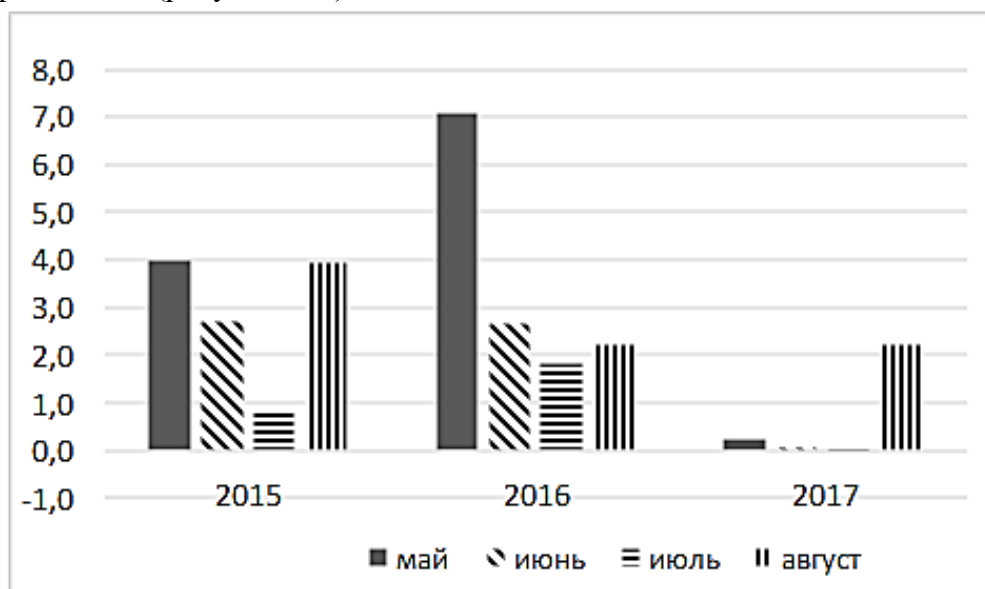


Рис. 1. Санкт-Петербург, Пушкин, 2015–2017 гг. Отклонения среднемесячных температур воздуха (°C) в периоды вегетации картофеля от климатической нормы
Fig. 1. St. Petersburg, Pushkin. Deviations in mean monthly air temperatures (°C) during the potato growing seasons, relative to normal values

В центральном полевом геномном банке ВИР (Санкт-Петербург, Пушкин) температура воздуха в летние месяцы 2015 и 2016 гг. превышала средние многолетние значения, а в 2017 г. была близка к норме (см. рис. 1). В 2015 г.

периоды засухи чередовались с осадками в июле, тогда как в 2016 и 2017 гг. осадков в июле-августе выпадало в два-три раза больше нормы (см. рис. 2).

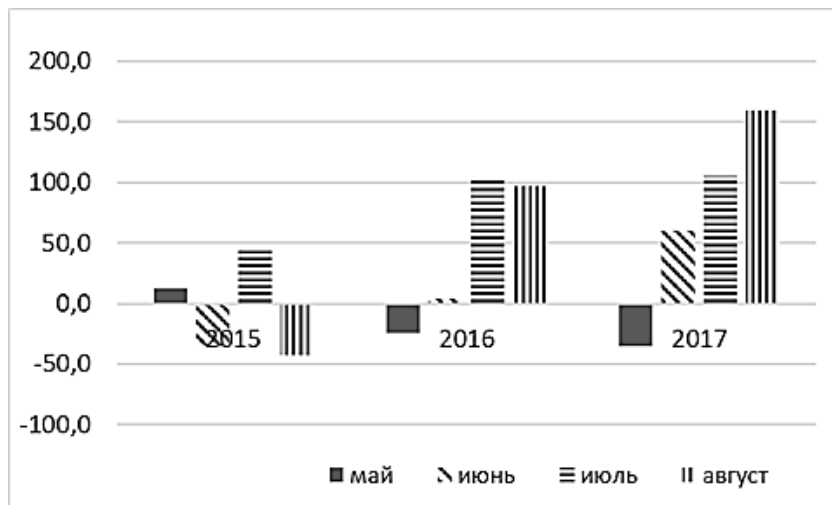


Рис. 2. Санкт-Петербург, Пушкин, 2015–2017 гг. Отклонения количества атмосферных осадков (мм) в периоды вегетации картофеля от климатической нормы

Fig. 2. St. Petersburg, Pushkin. Deviations in precipitation (mm) during the potato growing seasons, relative to the normal values

В Московской области температура воздуха в мае – августе 2015–2016 гг. и августе 2017 г. превышала средние многолетние значения, а в мае – июле 2017 г. была близка к норме (см. рис. 3). В 2015 г. наблюдалось меньшее количество осадков по сравнению со средними многолетними значениями; в 2016 г. в мае – августе наблюдали обильные осадками, а в 2017 г. периоды засухи чередовались с обильными осадками (см. рис. 4).

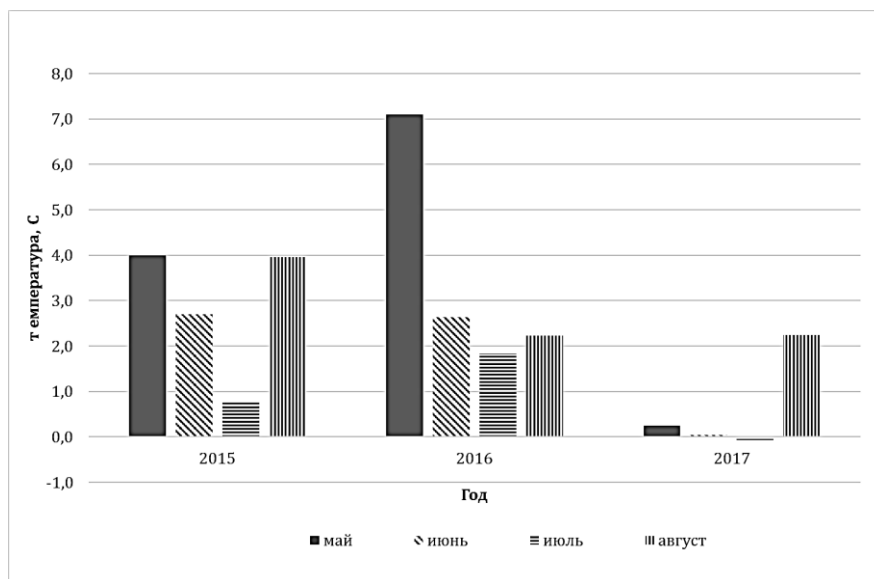


Рис. 3. Московская обл. Отклонения среднемесячных температур воздуха (°C) в периоды вегетации картофеля от климатической нормы

Fig. 3. Moscow Province. Deviations in mean monthly air temperatures (°C) during the potato growing seasons, relative to the normal values

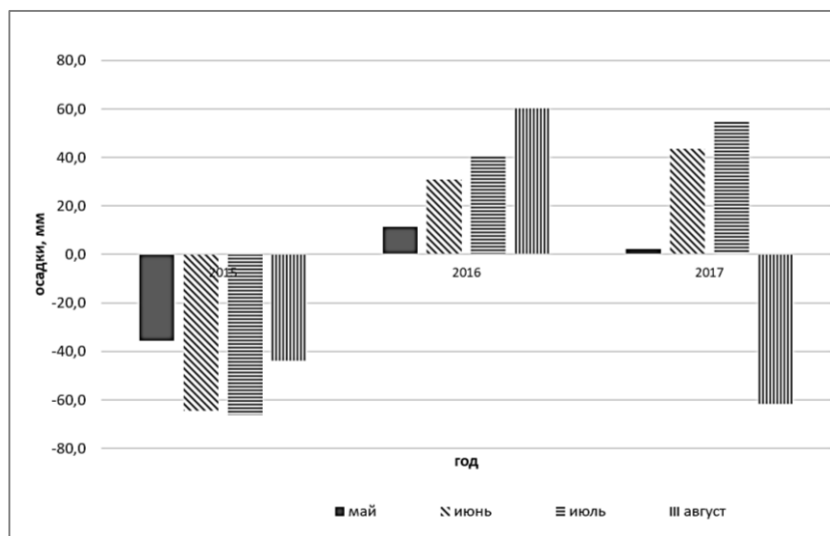


Рис. 4. Московская обл. Отклонения количества атмосферных осадков (мм) в периоды вегетации картофеля от климатической нормы
Fig. 4. Moscow Province. Deviations in precipitation during potato growing seasons, relative to the normal values

Метеоусловия всех трех периодов вегетации растений в центральном полевом генном банке ВИР были благоприятными для развития фитофтороза (табл. 1), но сроки появления первых симптомов поражения на восприимчивых сортах и динамика развития заболевания на растениях исследуемой выборки были различными.

Таблица 1. Развитие фитофтороза на картофеле в центральном полевом генбанке ВИР в 2015–2017 гг. (Санкт-Петербург, Пушкин.)
Table 1. Development of late blight on potatoes in the central field genebank of VIR in 2015–2017 (St. Petersburg, Pushkin)

Параметры Parameter	Годы испытаний Years of testing		
	2015	2016	2017
Начало поражения восприимчивых сортов (дни от посадки)	80 (B)–86(Π)	62(B)–67(Π)	68(B, Π)
Начало поражения устойчивых сортов (дни от посадки)	86 (H)–96 (SM)	67(H)–80(SM)	76(H)–83(SM)
Полное поражение восприимчивых сортов (дни от посадки)	92(B)–96(Π)	67(B)–80(Π)	83(B)–88(Π)
rAUDPC (средняя ± ошибка)	0.20 ± 0.05	0.21 ¹ ± 0.04	0.19 ¹ ± 0.03
rAUDPC гибридных клонов (мин.-макс.)	0.1–0.6	0.1–0.7	0.1–0.5
rAUDPC восприимчивых сортов	0.9(B)–0.5(Π)	0.9(B)–0.4 (Π)	0.7(B)–0.5(Π)
rAUDPC устойчивых сортов	0.2(H)–0.1(SM)	0.5(H)–0.1(SM)	0.3(H)–0.1(SM)

Примечание: B – Bintje, Π – Петербургский, SM – Sarpo Mira, H – Наяда;

rAUDPC – относительная величина площади под кривой развития болезни;

¹различия средних величин rAUDPC для всей выборки значимы по *t*-критерию, *p* < 0.05

Наиболее раннее поражение фитофторозом и быстрое развитие инфекции отмечено в 2016 г. Первое инфекционное пятно у растений сорта ‘Bintje’ появилось 21 июля – через два месяца после посадки, а спустя пять дней – на растениях сорта ‘Петербургский’ (см. табл. 1). Одновременно с ‘Bintje’ были инфицированы три

гибридных клона, вместе с сортом 'Петербургский' были инфицированы сорта 'Наяда', 'Escort', 'Robijn' и еще 38 гибридных клонов. Полное поражение сорта 'Bintje' отмечено через пять дней, сорта Петербургский – через 13 дней с момента инфицирования. В 2015 и 2017 гг. первые симптомы фитофтороза отмечены 1 августа. Примечательно, что в 2015 и 2016 гг. появление инфекции на растениях сорта Петербургский отмечено спустя пять дней после поражения 'Bintje', тогда как в 2017 году оба восприимчивых стандарта были инфицированы одновременно. В 2015 году, шестого августа отмечены симптомы заболевания на сортах 'Наяда', 'Escort', 'Robijn' и 'Петербургский' и на 32 гибридных клонах. В 2017 году одновременно с восприимчивыми сортами были инфицированы шесть гибридных клонов, а растения сортов 'Наяда', 'Escort', 'Robijn' и еще 37 гибридных клонов были поражены на восемь дней позднее (см. табл. 1).

В 2016 году исследуемая выборка сортов и гибридов картофеля в условиях центрального полевого генного банка ВИР поражалась фитофторозом сильнее, чем в 2015 или 2017 гг. (см. табл. 1). Показатели гAUDPC сортов и гибридов картофеля варьируют по годам испытаний, но, несмотря на различия в интенсивности и темпах развития фитофтороза на растениях разных генотипов картофеля, показатели гAUDPC у большинства генотипов картофеля изменялись согласованно в разные годы испытаний (коэффициенты ранговой корреляции $r = 0,87-0,94$ при $p < 0.05$). Очевидно, что в исследованной выборке генотипов картофеля преобладали образцы, устойчивые к фитофторозу: в каждый год наблюдений к моменту полного поражения восприимчивых сортов у 60–66% исследуемых образцов поражение фитофторозом занимало менее половины площади их листовой поверхности.

Устойчивость гибридов и сортов картофеля к фитофторозу в полевых испытаниях и при искусственном заражении.

При полевых испытаниях гибридов и сортов картофеля в разных эколого-географических зонах выявлены различия генотипов по устойчивости к фитофторозу. В полевых опытах ВИР ежегодно только сорт 'Sargo Mira' и два гибридных клона – 10/05-09 и 50/1 КВА отличались высокой устойчивостью к заболеванию ($S_x = 7-8$ баллов). У остальных генотипов картофеля значения показателя S_x зависели от года испытания. У большинства исследованных сортов: 'Наяда', 'Sargo Mira', 'Atzimba', 'Robijn' и 24 гибридов значения S_x были меньше в 2016 г., чем в 2015 и 2017 гг. У сорта 'Escort' и гибридов 4-1-2012, 25-1-2007, 135-2-2006, напротив, в 2017 году относительная устойчивость оказалась ниже, чем в 2016 г. Ранговый порядок гибридных клонов 12/11-09, 13/11-09, 16/27-09, 39-1-200 и 24-1 по показателю S_x изменялся в годы испытаний, что свидетельствует о дифференциальном взаимодействии генотипов картофеля с изолятами возбудителя *P. infestans*, колонизирующими растения в разные годы. Постоянный ранг по показателю S_x в течение трех лет изучения имели сорт 'Sargo Mira', клоны 10/05-09, 50/1 КВА, 128-05-03, 18/40-2000 ($S_x = 7-8$ баллов), клоны 171-3 и 99-4-1 ($S_x = 6-7$ баллов), сорт 'Robijn' и клоны 24-2 и 135-1-2006 ($S_x = 5-6$, 4-5 и 3-5 баллов, соответственно).

В полевых опытах в Московской обл. (ВНИИФ) наиболее заметное поражение фитофторозом растений картофеля также отмечено в 2016 году: среднее значение показателя устойчивости к фитофторозу всей исследованной выборки гибридных клонов и сортов картофеля составило 5,5 балла. В 2015 и 2017 гг. эти показатели были несколько выше: 6,7 и 6,5 балла, соответственно. Среди исследованных генотипов сорт 'Sargo Mira' был наиболее устойчивым к фитофторозу (7–8 баллов),

среди гибридов картофеля наиболее устойчивыми оказались клоны 4-1-2012, 24-1, 24-2 и 38 КВА (7,2–7,7 балла).

В лабораторных опытах сорт ‘Sarpо Mira’ также был наиболее устойчив к заражению агрессивным и вирулентным изолятом *P. infestans*. К категории умеренно устойчивых к фитофторозу при искусственном заражении относятся 12 клонов: 38 КВА, 24-1, 24-2, 16/27-09, 4-1-2012, 118-5-2011, 39-1-2005, 50/1 КВА, 12/1-09, 171-3, 134-2-2006 и 15/13-09. Между результатами испытаний генотипов картофеля в разных условиях среды обнаружена статистическая связь разной силы. Для показателей Sx всей исследуемой выборки в центральном полевом генном банке ВИР установлена сильная взаимосвязь: коэффициент корреляции Спирмена между значениями Sx у гибридов и сортов картофеля в разные годы испытаний равнялся 0.71–0.76. Согласованность результатов испытаний 30 гибридных клонов и шести сортов картофеля в полевых и лабораторных тестах была средней: коэффициент корреляции Спирмена между результатами полевых опытов в ВИР и ВНИИФ $r = 0.45–0.5$; между результатами полевых и лабораторных тестов ВНИИФ $r = 0.67$ ($p < 0.05$).

Невысокая корреляция оценок фитофтороустойчивости образцов картофеля при полевых и лабораторных испытаниях засвидетельствована в многочисленных опытах с сортами, селекционными клонами и клубненосными видами *Solanum* (Colon et al., 1995; Rogozina et al., 2010; Srivastava et al., 2015). Варьирование оценок исходного материала по устойчивости к фитофторозу в лабораторных испытаниях и полевых опытах серьезно затрудняет селекцию. Необходимость унификации и совершенствования методов оценки и отбора селекционного материала отмечены участниками европейского консорциума EuroBlight (Zimnoch-Guzowska, Flis, 2002). Для отбора форм картофеля с длительной устойчивостью к фитофторозу рекомендовано проведение полевых испытаний в разных географических зонах, на разных типах почв и с разными технологиями возделывания (Fry et al. 2015).

В нашем исследовании для каждого из 36 генотипов картофеля, по результатам их испытаний в разных условиях, определены пять параметров, описывающих результат их взаимодействия с паразитом при естественном развитии инфекции и при искусственном заражении. Дифференциация исследованных генотипов по устойчивости к фитофторозу на основе совокупности их характеристик проведена методом кластерного анализа.

Классификация генотипов картофеля по устойчивости к фитофторозу с помощью кластерного анализа.

Для классификации 30 гибридных клонов и шести сортов картофеля по их устойчивости к фитофторозу в разных условиях среды проведена группировка двумя методами: иерархическая классификация, методом полной связи с использованием евклидова расстояния, и кластеризация методом k-средних. В результате иерархической классификации все генотипы можно разделить на три кластера, соответствующие уровню сходства 0.25–0.36 (рис. 5). В состав первого и второго кластеров попадает сходное число образцов (соответственно, 14 и 13), а в составе третьего кластера – восемь генотипов, на дендрограмме выделяется восприимчивый сорт ‘Bintje’.

Разбиение выборки из 36 генотипов на три кластера методом k-средних в основном совпадает с группировкой методом иерархической классификации. Надежность классификации подтверждается формированием трех непересекающихся подмножеств, каждый кластер состоит из сходных объектов, а объекты из разных кластеров существенно различаются между собой (рис. 6). Три кластера содержат 14, 15 и 7 образцов картофеля, соответственно, и различаются

по всем пяти показателям, характеризующим устойчивость картофеля к фитофторозу в разных условиях среды. Верификация полученной группировки произведена методом дисперсионного анализа, по результатам которого отвергается гипотеза о равенстве для трех кластеров средних величин показателей устойчивости картофеля к фитофторозу в полевых условиях ($p < 0.05$). Состав первого кластера, объединяющего генотипы картофеля с высокой устойчивостью к фитофторозу в разных условиях среды, является постоянным при обоих методах кластеризации (см. рис. 5 и табл. 2). Несоответствие результатов кластеризации установлено только для двух гибридных клонов: 194-4т и 24-2, которые объединяются с генотипами второго либо третьего кластеров в зависимости от использованного метода (к-средних или иерархической классификации, соответственно).

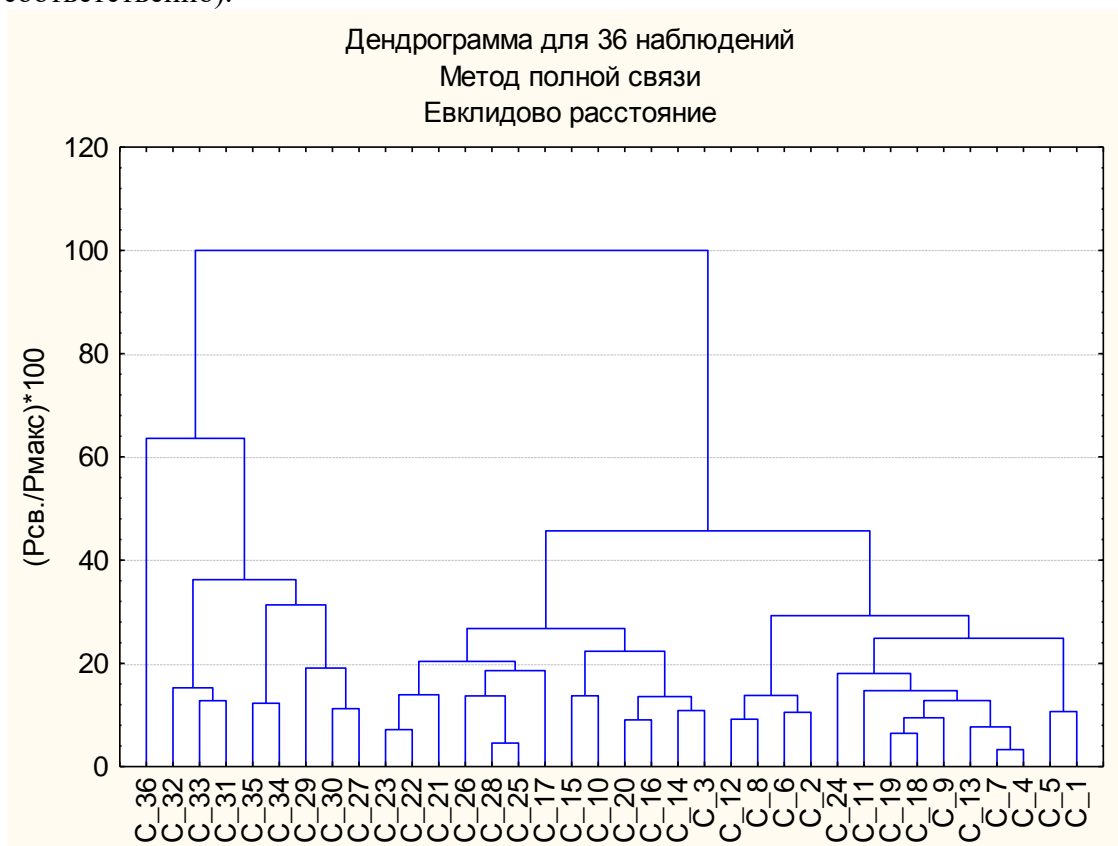
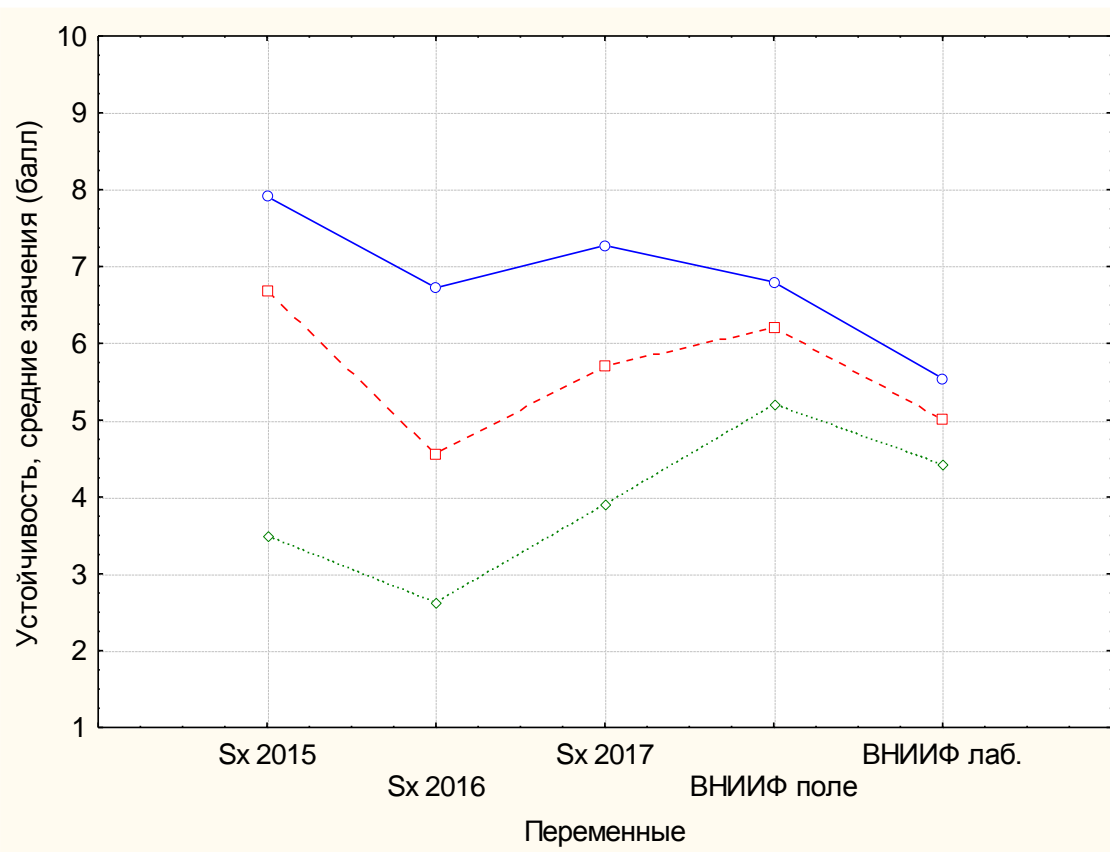


Рис. 5. Группировка генотипов картофеля методом иерархической классификации
Fig. 5. The hierarchical clustering dendrogram of potato genotypes

Генотипы картофеля: C_1 – Sarpo Mira, C_2 – 10/05-09, C_3 – 13/11-09, C_4 – 39-1-2005, C_5 – 50/1 КВА, C_6 – 11/06-09, C_7 – 118-5-2011, C_8 – 128-05-03, C_9 – 15/13-09, C_10 – 16/27-09, C_11 – 4-1-2012, C_12 – 18/40-2000, C_13 – 38 КВА, C_14 – 93-5-30, C_15 – 12/1-09, C_16 – 117-2, C_17 – 160-17, C_18 – 171-3, C_19 – 99-4-1, C_20 – Няда, C_21 – 25-1-2007, C_22 – 14/08-09, C_23 – Robijn, C_24 – 24-1, C_25 – 118-6-2011, C_26 – 34-5-2003, C_27 – 134-2-2006, C_28 – 194-4т, C_29 – 24-2, C_30 – 135-1-2006, C_31 – Atzimba, C_32 – 134-6-2006, C_33 – 25-2-2007, C_34 – 135-2-2006, C_35 – Escort, C_36 – Bintje.

Potato genotypes: C_1 – Sarpo Mira, C_2 – 10/05-09, C_3 – 13/11-09, C_4 – 39-1-2005, C_5 – 50/1 KBA, C_6 – 11/06-09, C_7 – 118-5-2011, C_8 – 128-05-03, C_9 – 15/13-09, C_10 – 16/27-09, C_11 – 4-1-2012, C_12 – 18/40-2000, C_13 – 38 KBA, C_14 – 93-5-30, C_15 – 12/1-09, C_16 – 117-2, C_17 – 160-17, C_18 – 171-3, C_19 – 99-4-1, C_20 – Nayada, C_21 – 25-1-2007, C_22 – 14/08-09, C_23 – Robijn, C_24 – 24-1, C_25 – 118-6-2011, C_26 – 34-5-2003, C_27 – 134-2-2006, C_28 – 194-4т, C_29 – 24-2, C_30 – 135-1-2006, C_31 – Atzimba, C_32 – 134-6-2006, C_33 – 25-2-2007, C_34 – 135-2-2006, C_35 – Escort, C_36 – Bintje.



Примечание: кластер 1 —; кластер 2 ---; кластер 3

Рис. 6. Группировка генотипов картофеля методом k-средних
Fig. 6. K-means clustering of potato genotypes

Наибольший вклад в разделение кластеров вносят показатели относительной устойчивости сортов и гибридов картофеля к фитофторозу в испытаниях в центральном полевом генном банке ВИР (см. рис. 6). Оценки при искусственном заражении фитофторозом менее контрастны. Из 12 клонов, умеренно устойчивых к фитофторозу при искусственном заражении, четыре клона: 24-2, 16/27-09, 12/1-09 и 134-2-2006 в значительной степени поразились фитофторозом в полевых условиях в ВИР в 2016 г. Примечательно, что все эти клоны устойчивы к фитофторозу в полевых условиях Московской обл. (6–8 баллов).

Несоответствие оценок лабораторных тестов и полевых испытаний в разных регионах может быть обусловлено генотипическим разнообразием патогена *P. infestans* в полевых условиях. На естественном инфекционном фоне в центральном полевом генном банке ВИР несколько изолятов *P. infestans* могут одновременно колонизировать одно растение картофеля (Sokolova et al., 2017). Возможно, такое сосуществование разных линий *P. infestans* приводит к более серьезному поражению растения-хозяина. Конкуренция между изолятами возбудителя фитофтороза повышает их агрессивность (Halterman et al., 2010; Yong et al., 2009).

На основе совокупных результатов испытаний сортов и гибридов картофеля в разных условиях среды сорт 'Sarpо Mira' и 13 гибридных клонов (кластер 1) отчетливо превосходят остальные генотипы картофеля по устойчивости к фитофторозу (см. табл. 2). Большая часть этих генотипов предположительно содержит один или два гена широкой специфичности. Это R8 у 'Sarpо Mira' (Jiang

et al., 2018) и структурные гомологи *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1* из дикорастущих видов картофеля, где эти гены раньше не были описаны (Fadina et al., 2017).

Таблица 2. Сорт Sarpo Mira и гибридные клоны картофеля, высокоустойчивые к фитофторозу (кластер 1)

Table 2. 'Sarpo Mira' and potato hybrid clones highly resistant to late blight (first cluster)

№	Сорт, гибридный clone Variety or hybrid clone	Происхождение Pedigree	Sx 20 15	Sx 20 16	Sx 20 17	ВНИИФ Ф поле VNIIF field test	ВНИИФ искус- ственное заражение VNIIF laboratory test	<i>Rpi</i> гены широкой специфичности <i>Rpi</i> genes with a broad late blight resistance
1	Sarpo Mira	76 PO 12 14 268 × D187	8, 6	7, 8	8, 2	7,7	7,0	<i>R8=Rpi-smira2</i>
2	10/05-09	Загадка Питера × ♂смесь пыльцы	8, 6	7, 8	8, 2	6,7	4,3	<i>Rpi-blb2</i>
3	11/06-09	F2 (Загадка Питера ♂смесь пыльцы)	8, 3	6, 9	7, 8	6,7	3,3	<i>Rpi-blb2</i>
4	15/13-09	{[(<i>S. verrucosum</i> × MPI 50-140/5) × Licaria] × F2 [(<i>S. polytrichon</i> × MPI 50-140/5) × MPI 50-140/5]} × {[(<i>S. simplicifolium</i> × MPI 50-140/5) × Mariella] × Desire}	8, 1	6, 3	6, 7	6,0	6,0	<i>Rpi-blb1, Rpi-blb2</i>
5	18/40-2000	F2 /{[(<i>S. polytrichon</i> × MPI 50-140/5) × Umbra] × Fausta} × {[(<i>S. simplicifolium</i> × MPI 50-140/5) × Gitte] × Hera}/	7, 9	7, 0	7, 1	6,0	4,0	<i>Rpi-vnt1</i>
6	39-1-2005	Atzimba × <i>S. alandiae</i> к-21240	8, 4	5, 6	6, 9	6,7	6,0	<i>Rpi-blb1, Rpi-vnt1</i>
7	24-1	Atzimba × <i>S. alandiae</i> к-21240	6, 1	6, 3	7, 1	7,3	6,5	<i>Rpi-blb2, Rpi-vnt1</i>
8	4-1-2012	24-1 × 14/08-06	8, 1	7, 1	6, 2	7,7	6,0	<i>Rpi-blb1, Rpi-blb2</i>
9	50/1 КВА	(Загадка Питера × ♂смесь пыльцы) × (Наяда × ♂смесь пыльцы)	8, 4	7, 6	8, 5	6,7	6,0	<i>Rpi-blb2</i>
10	38 КВА	Фермер×(4-94 × 9-94)	7, 8	6, 0	7, 5	7,2	6,3	<i>Rpi-blb1, Rpi-blb2</i>
11	118-5-2011	F2 97-155-1	8, 1	5, 6	7, 1	7,0	6,0	Не найдены
12	128-05-03	97-155-1 × Наяда	8, 1	7, 3	7, 1	6,7	5,0	Не найдены
13	171-3	F2 97-155-1	7, 1	6, 5	6, 7	6,7	6,0	Не найдены
14	99-4-1	180-1 × Hertha	7, 1	6, 3	6, 7	6,3	5,2	Не найдены

В кластере высокоустойчивых к фитофторозу генотипов картофеля сгруппированы близкородственные клоны 39-1-2005, 24-1 и 4-1-2012, которые созданы в результате межвидовой гибридизации с участием дикого южноамериканского вида *S. alandiae*. Три высокоустойчивых генотипа: 118-5-2011, 128-05-03 и 171-3 отобраны в потомстве ранее созданного в ВИР донора устойчивости картофеля к фитофторозу – клона 97-155-1 (Rogozina, 2003). Клоны 10/05-09, 11/06-09, 50/1 КВА, 15/13-09, 18/40-2000 и 38 КВА – сложные многовидовые гибриды, полученные в результате нескольких циклов скрещиваний

с участием различных источников устойчивости к фитофторозу, отобранных среди южно- и североамериканских видов *Solanum* (Rogozina et al., 2018). У гибридных клонов общего происхождения: 39-1-2005 и 24-1 найдены разные сочетания маркеров генов *RB/Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1*, которые обладают широким спектром защитного действия от фитофтороза. Не обнаружены маркеры *Rpi* генов у четырех гибридных клонов, в том числе – 99-4-1, который отличается стабильным уровнем устойчивости к фитофторозу на протяжении более десяти лет (Rogozina et al., 2017).

Во второй кластер попали сорта 'Наяда' и 'Robijn' и гибридные клоны, со средней устойчивостью к фитофторозу (см. рис. 5). В этой группе мы находим клоны, связанные общим происхождением с генотипами из первого кластера: клоны 117-2 и 24-2, как и 39-1-2005 или 24-1, выделены в потомстве *Atzimba* × *S. alandiae* к-21240; клоны 160-17 и 118-6-2011 отобраны в потомстве от самоопыления донора 97-155-1. Родственные генотипы межвидовых гибридов, различающиеся по устойчивости к фитофторозу, являются перспективным объектом для молекулярно-генетических исследований рекомбинации *Rpi* генов и поиска новых генов долговременной устойчивости картофеля к фитофторозу.

Заключение

Сорта и гибриды картофеля впервые многократно протестированы по устойчивости к фитофторозу в разных эколого-географических условиях. Методом кластерного анализа выделены три группы генотипов: с высокой и средней устойчивостью и восприимчивые к фитофторозу. Для молекулярно-генетического анализа выделены близкородственные клоны межвидовых гибридов, различающиеся по способности противостоять агрессивным изолятам *P. infestans*. Высокая устойчивость к фитофторозу предположительно связана с присутствием у растений *Rpi* генов, контролирующей устойчивость к широкому спектру рас паразита.

Полевая оценка клонов межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к фитофторозу выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710369-4.

Анализ ДНК маркеров генов устойчивости к фитофторозу выполнен по плану исследований, поддержанных грантом РФФИ № 18-016-00138.

*Изолят *P. infestans* получен из Государственной коллекции ФГБНУ ВНИИФ. Авторы выражают благодарность Л. Ю. Новиковой, руководителю группы агрометеорологии ВИР, за предоставленные материалы по метеоусловиям 2015–2017 гг.*

References/Литература

- Colon L. T., Budding D. J., Keizer L.C.P., Pieters J. Components of resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in eight South American *Solanum* species // European J. Plant. Pathol., 1995, vol. 101, pp. 441–456.
- Colon L., Nielsen B., Darsow U. Field test for foliage blight resistance. <http://euroblight.net/protocols/> Field test for foliage blight resistance. 2004. http://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Protocols/Field_Test_Foliar_Blight_revised.pdf.

- Cooke D. E. L., Cano L. M., Raffaele S., Bain R. A., Cooke L. R. et al. Genome Analyses of an Aggressive and Invasive Lineage of the Irish Potato Famine Pathogen // PLoS Pathog., 2012, vol. 8, no. 10: e1002940. Doi: 10.1371/journal.ppat.1002940.
- Fadina O.A., Beketova M. P., Sokolova E. A., Kuznetsova M. A., Smetanina T. I., Rogozina E. V., Khavkin E. E. Anticipatory breeding: molecular markers as a tool in developing donors of potato (*Solanum tuberosum* L.) late blight resistance from complex interspecific hybrids // Agricultural Biology. 2017, vol.52, no 1, pp. 84–94 [in Russian] (Фадина О. А., Бекетова М. П., Соколова Е. А., Кузнецова М. А., Сметанина Т. И., Рогозина Е. В., Хавкин Э. Е. Упреждающая селекция: использование молекулярных маркеров при создании доноров устойчивости картофеля к фитофторозу на основе сложных межвидовых гибридов // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 1, С. 84–94). Doi: 10.15389/agrobiology.2017.184.rus.
- Forbes G., Perez W., Andrade Piedra J. Field assessment of resistance in potato to *Phytophthora infestans*: International cooperators guide. 2014. 35 p. <http://cipotato.org/wpcontent/uploads/2014/06/006154.pdf>.
- Fry W. E., Birch P. R. J., Judelson H. S., Grunwald N. J., Danie G., Everts K. L., Geven A. J., Gugino B. K., Johnson D. A., Johnson S. B., McGrath M. T., Myers K. L., Ristaino J. B., Roberts P. D., Secor G., Smart C. D. Five reasons to consider *Phytophthora infestans* a re-emerging pathogen // Phytopathology, 2015, vol. 105, pp. 966–981. <http://www.plantpath.cornell.edu/Fry/PHYTO-01-15-0005-FI.pdf>.
- Fry W. E., McGrath M. T., Seaman A., Zitter T. A., McLeod A., Danies G., Small I. M., Myers K., Everts K., Gevens A. J., Gugino B. K., Johnson S. B., Judelson H., Ristaino J., Roberts P., Secor G., Seebold K., Snover-Clift K., Wyenandt A., Grünwald N. J., Smart C. D. The 2009 Late Blight Pandemic in the Eastern United States – Causes and Results // Plant Disease, 2013, vol. 97, no. 3, pp. 296–306.
- Halterman D.A., Chen Y., Sopee J., Berduo-Sandoval J., Sanchez-Perez A. Competition between *Phytophthora infestans* effectors leads to increased aggressiveness on plants containing broad-spectrum late blight resistance // PLoS ONE, 2010, vol.5, no. 5: e10536. Doi: 10.1371/journal.pone.0010536.
- James W. C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage // Can. Plant Dis. Surv., 1972, vol. 51, pp. 39–65.
- Jiang R., Li J., Tian Z., Du J., Armstrong M., Baker K., Lim J. T-Y., Vossen J. H., He H., Porta L., Zhou J., Bonierbale M., Hein I., Lindqvist-Kreuzer H., Xie C. Potato late blight field resistance from QTL dPI09c is conferred by the NB-LRR gene R8 // Journal of experimental botany, 2018, vol. 69, no. 7, pp. 1545–1555.
- Kozlov V. A., Rogozina E. V. Interspecific potato hybrid clones developed at VIR as sources of variable traits for potato breeding in Belarus // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. St. Petersburg : VIR, 2014, vol. 175, iss. 2, pp. 61–72 [in Russian] (Козлов В. А., Рогозина Е. В. Созданные в ВИР межвидовые гибридные клоны картофеля – источники ценных признаков для селекции картофеля в Беларуси // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2014. Т. 175, вып. 2. С. 61–72).
- Kuznetsova M. A., Spiglasova S. Yu., Rogozhin A. N., Smetanina T. I., Filippov A. V. A new approach to measure potato susceptibility to *Phytophthora infestans*, a causal organism of the late blight. In: PPO-Special Report (ed. H.T.A.M. Schepers), 2014, no. 16, pp. 223–233. http://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Publications/EuroBlight_Proceedings_2014_HR.pdf
- Kuznetsova M. A., Kozlovsky B. E., Beketova M. P., Sokolova E. A., Malyuchenko O. P., Alekseev Y. I., Rogozina E. V., Khavkin E. E. Phytopathological and molecular characteristics of *Phytophthora infestans* isolates collected on resistant and susceptible potato genotypes // Mikologiya i fitopatologiya. 2016, vol. 50, pp. 175–184 [in Russian] (Кузнецова М. А., Козловский М. П., Бекетова М. П., Соколова Е. А., Мальшченко О. П., Алексеев Я. И., Рогозина Е. В., Хавкин Э. Е. Фитопатологическая и молекулярная характеристика изолятов *Phytophthora infestans*, собранных на устойчивых и восприимчивых генотипах картофеля // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50. С.175–184).
- Kuznetsova M. A., Statsyuk N. V., Rogozhin A. N., Ulanova T. I., Morozova E. V., Demidova V. N. Monitoring of *Phytophthora infestans* strains isolated from potato and tomato in Moscow Region (2009–2017) // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2018, vol. 32, no3, pp.28-33 [in Russian] (Кузнецова М. А., Стацюк Н. В., Рогожин А. Н., Уланова Т. И., Морозова Е. В., Демидова В. Н. Мониторинг изолятов *Phytophthora infestans*, выделенных с картофеля и томатов в Московской области (2009–2017 гг.) // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 3, С. 28–33). Doi:10.24411/0235-2451-2018-10306.
- Lehsten V., Wiik L., Hannukkala A., Andreasson E., Chen D., Ou T. et al. Earlier occurrence and increased explanatory power of climate for the first incidence of potato late blight caused by *Phytophthora infestans* in Fennoscandia // PLoS ONE. 2017, vol. 12, no. 5: e0177580. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177580>.

- Rogozina E. V. Interspecific potato hybrids are donors of potato resistance to late blight // Reports of the Russian Academy of agricultural sciences. 2003, vol. 2, pp 8–11. [in Russian] (Рогозина Е. В. Межвидовые гибриды картофеля – доноры устойчивости к фитофторозу // Докл. РАСХН, 2003. Т. 2. С. 8–11).
- Rogozina E. V., Biryukova V. A., Simakov E. A., Zharova V. A., Chalaya N. A., Kuznetsova M. A., Rogozhin A. N., Beketova M. P., Fadina O. A., Khavkin E. E. Interspecific hybrids as parental lines in anticipatory breeding for potato resistant to disease and pests // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018, vol. 32, no. 1, pp. 26–31 [in Russian] (Рогозина Е. В., Бирюкова В. А., Симаков Е. В., Жарова В. А., Чалая Н. А., Кузнецова М. А., Рогожин А. Н., Бекетова М. П., Фади́на О. А., Хавкин Э. Е. Межвидовые гибриды как родительские формы для упреждающей селекции картофеля на устойчивость к болезням и вредителям // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 1. С. 26–31). Doi: 10.24411/0235-2451-2018-10105.
- Rogozina E. V., Khavkin E. E. Interspecific potato hybrids as donors of durable resistance to pathogens // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017, vol. 21, no. 1, pp. 30–41 [in Russian] (Рогозина Е. В., Хавкин Э. Е. Межвидовые гибриды картофеля как доноры долговременной устойчивости к патогенам // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 1. С. 30–41. Doi: 10.18699/VJ17.221).
- Rogozina E. V., Kuznetsova M. A., Patrikeyeva M. V., Spiglazova S. Y., Smetanina T. I., Semenova N. N., Deahl K. L. Late blight-resistant tuber-bearing *Solanum* species in field and laboratory trials. In: Proceedings of the 12th EuroBlight Workshop (Arras, France May 3-6, 2010), PPO-Special Report (ed. H.T.A.M. Schepers). 2010, no. 14, pp 239–246.
- Rogozina E. V., Kuznetsova M. A., Fadina O. A., Beketova M. P., Sokolova E. A., Novikova L. Yu., Khavkin E. E. Stability of late blight resistance of potato hybrids with diverse genetic background // In: Proceedings of the 16th EuroBlight Workshop (Aarhus, Denmark, May 14-17, 2017), PAGV – Special Report (ed. H.T.A.M. Schepers) 2017, no. 18, p. 159–166. http://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Workshops/Aarhus/Proceedings/Special_Report_18_Totaal.pdf.
- Simakov E. A., Zharova V. A., Mityushkin A. V., Biryukova V. A., Rogozina E. V., Kiru S. D. The use of genetic resources to increase the efficiency of potato breeding // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. St. Petersburg : VIR, 2017, vol. 177, iss. 2, pp. 113–121 [in Russian] (Симаков Е. А., Жарова В. А., Митюшкин А. В., Бирюкова В. А., Рогозина Е. В., Кирю С. Д. Использование генетических ресурсов картофеля для повышения эффективности селекции // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 177, вып.2. С. 113–121).
- Sokolova E. A., Kuznetsova M. A., Ulanova T. I., Rogozhin A. N., Smetanina T. I., Demidova V. N., Beketova M. P., Malyuchenko O. P., Alekseev Ya. I., Rogozina E. V., Khavkin E. E. Pathogenicity of East European strains of *Phytophthora infestans* vs. resistance of colonized potato plants: the profiles of AVR genes vs. R gene pyramids. In: Proceedings of the 16th EuroBlight Workshop (Aarhus, Denmark, May 14-17, 2017), PAGV – Special Report (ed. H.T.A.M. Schepers) 2017, no. 18, pp. 259–267. http://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Workshops/Aarhus/Proceedings/Special_Report_18_Totaal.pdf
- Srivastava A. K., Bag T. K., Gurjar M. S., Bhardwaj V., Sharma S., Singh B. P. Evaluation of exotic potato genotypes for resistance to late blight // Indian Phytopath. 2015, vol. 68, no. 1, pp. 78–82.
- Vossen J. K., Jo K.-R., Vosman B. Mining the genus *Solanum* for increasing disease resistance. In: R. Tuberosa et al., eds. Genomics of Plant Genetic Resources. 2014. Springer Netherlands, pp. 27–46.
- Yong G. K., Cooke L. R., Kirk W. W., Tumbalam P., Perez F. M., Deahl K. L. Influence of competition and host plant resistance on selection in *Phytophthora infestans* populations in Michigan // USA and in Northern Ireland Plant Pathology. 2009, vol. 58, pp. 703–714. Doi: 10.1111/j.1365-3059.2009.02043.x.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B. Evaluation of resistance to *Phytophthora infestans*: A survey. In: Late Blight: Managing the Global Threat. Hamburg. 2002, pp. 37–47.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-293-300

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК

634.12:581.33:631.547.1:581.1.04:63
1.8:631.563

А. В. Павлов,
В. Г. Вержук,
М. Н. Ситников,
А. В. Шлявас

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: pavlov-al@bk.ru

Ключевые слова:

пыльца яблони, фитогормоны,
жизнеспособность пыльцы,
процент прорастания

Поступление:

20.09.2018

Принято:

19.09.2018

**ВЛИЯНИЕ ФИТОГОРМОНОВ НА ПРОРАСТАНИЕ
ПЫЛЬЦЫ ЯБЛОНИ В ПРОЦЕССЕ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО
ХРАНЕНИЯ**

Актуальность. В естественных условиях прорастающие пыльцевые зерна находятся в сложной многокомпонентной среде, включающей различные по химической природе соединения. Исследование действия фиторегуляторов на прорастание пыльцы актуально, так как позволяет усовершенствовать условия проращивания, приблизить их к естественным, в результате возрастает точность оценки ее жизнеспособности. **Материал и методы.** Объектом исследования является пыльца яблони образца Краснолистая (*Malus niedzwetzkyana* Dieck, syn. *M. sieversii* (Ledeb.) M. Roem. var. *niedzwetzkyana* Likh.). Исследовано влияние фитогормонов на прорастание пыльцы яблони на искусственной питательной среде. Жизнеспособность пыльцы определяли методом проращивания на искусственной питательной среде, содержащей 10% сахарозы и 0,8% агар-агара. Проросшей считали пыльцу с длиной пыльцевой трубки, превышающей диаметр пыльцевого зерна. На поверхность питательной среды наносили капли суспензии пыльцы в дистиллированной воде с добавлением фитогормонов в различных сочетаниях и концентрациях. **Результаты.** Результаты двухфакторного дисперсионного анализа исходных данных позволяют сделать вывод о том, что наибольший эффект на прорастание пыльцы оказывает совместное действие факторов «концентрация стимулятора + световой режим», при котором наблюдается повышенный процент прорастания пыльцы. Несколько меньшее влияние на число проросших пыльцевых зерен оказывают концентрация и тип стимулятора, которым обрабатывалась пыльца, по отдельности. Менее всего на жизнеспособность пыльцевых зерен оказывает влияние световой режим проращивания, хотя действие этого фактора также оказывается значимым: $p = 0,00562$. Выявлены эффективные концентрации и сочетания фитогормонов, повышающие процент прорастания пыльцы яблони по сравнению с контролем.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-293-300

ORIGINAL ARTICLE

A. V. Pavlov,
V. G. Verzhuk,
M. N. Sitnikov,
A. V. Shlyavas

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: pavlov-al@bk.ru

Key words:

apple-tree pollen, phytohormones,
pollen viability, germination
percentage

Received:

20.09.2018

Accepted:

19.09.2018

THE INFLUENCE OF PHYTOHORMONES ON THE GERMINATION OF APPLE POLLEN IN THE PROCESS OF LOW-TEMPERATURE STORAGE

Background. Under natural conditions, germinating pollen grains are in a complex multicomponent environment, including compounds of different chemical nature. The study of the action of phyto regulators on pollen germination is relevant, since in the long term it will help to improve the conditions of the germination medium, bring them closer to the natural ones and, as a result, increase the accuracy of the assessment of pollen viability. **Materials and methods.** The object of the study is pollen of the apple-tree образца Krasnolistnaya (*Malus niedzwetzkyana* Dieck, syn. *M. sieversii* (Ledeb.) M. Roem. var. *niedzwetzkyana* Likh.). The effect of phytohormones on apple-tree pollen germination in artificial nutrient medium was studied. Viability of pollen was assessed by germinating it in an artificial nutrient medium containing 10% sucrose and 0.8% agar-agar. Pollen was considered sprouted if its pollen tube in length exceeded the diameter of the pollen grain. Drops of pollen suspension in distilled water with added phytohormones in various combinations and concentrations were applied to the surface of the nutrient medium. **Results.** Two-factor dispersion analysis of the initial data made it possible to conclude that the greatest effect on pollen germination was provided by a combined action of the factors “stimulator concentration + illumination mode”, under which there was an increased percentage of germinated pollen. The effect of only the stimulator’s concentration and type on the number of germinated pollen grains was slightly less. And the least of all was the effect of the illumination mode on pollen grain viability, although the influence of this factor was also significant: $p = 0.00562$. Effective concentrations and combinations of phytohormones have been identified to increase germination of apple-tree pollen.

Введение

Жизнеспособность пыльцы можно определять различными методами: проращиванием на искусственной среде, окрашиванием ацетокармином, по активности пероксидазы и дегидрогеназ в пыльце (Golubinsky, 1971; Nesterov, 1986), а также наблюдением за ее прорастанием непосредственно на рыльцах пестиков по методике А. С. Татаринцева (Tatarinzev, 1959). Наиболее широко распространено определение жизнеспособности пыльцы путем ее проращивания на искусственной среде. Основным компонентом большинства сред, используемых для проращивания пыльцы, является сахароза. Но не только от концентрации сахарозы зависят показатели жизнеспособности пыльцы. Так, в литературе мало сведений о влиянии света на прорастание пыльцы. По данным И. Н. Голубинского, пыльца отдельных видов растений по-разному относится к свету и его интенсивности во время прорастания, но в основном, по его данным, для прорастания пыльцы большинства видов свет не имеет значения. В то же время пыльца тыквенных, помидоров и особенно зверобоя гораздо лучше прорастает на свету, чем в темноте, а пыльца львиного зева, люпина многолетнего, ослинника двулетнего, наоборот, лучше прорастает в полной темноте. У гороха посевного, настурции большой, душистого горошка пыльца лучше всего прорастает не при ярком освещении или в полной темноте, а на несколько ослабленном свете (Golubinsky, 1971). В некоторых случаях авторы вообще не указывают условий освещенности при проращивании пыльцы (Reed, 2008). В методических указаниях Я. С. Нестерова рекомендуется проращивать пыльцу плодовых культур на рассеянном солнечном свете (Nesterov, 1986).

По данным Г. С. Муромцева и В. Н. Агнестиковой, гиббереллиновая кислота способствует прорастанию пыльцевых зерен и росту пыльцевых трубок (Murotzev, Agnistikova, 1984), то же самое отмечал и Голубинский в своем исследовании по фиторегуляторам (Golubinsky, 1974). Так же в работе Г. С. Муромцева и В. Н. Агнестиковой упоминается, что оптимальные концентрации гиббереллиновой кислоты для пыльцы растений разных видов отличаются. Отмечалось, что воздействие гиббереллинов менялось в зависимости от возраста пыльцы, так, для незрелой пыльцы винограда оно было губительным, в то время как на зрелую оказывала положительный эффект (Murotzev, Agnistikova, 1984). В работе Ковалевой говорится об участии фитогормонов в регуляции прорастания и роста мужского гаметофита и свидетельствует об изменении уровня эндогенных гормонов петунии (Kovaleva et al., 2016). В этой же работе упоминается о том, что ауксин вовлечен в поддержание полярного роста пыльцевой трубки, взаимодействуя с цитокинами и АБК, то есть ауксин и цитокинины играют важную роль в регуляции актинового цитоскелета пыльцевой трубки, влияя на полимеризацию актина. Гиббереллиновые кислоты стимулируют рост пыльцевой трубки, перераспределяя актин в апикальную зону, в то же время цитокинин, представленный кинетином, ингибирует рост пыльцевой трубки, снижая содержание актина во всех ее зонах.

С целью установления стимулирующего действия активных веществ при проращивании пыльцы на искусственных средах, И. Н. Голубинским было изучено действие различных физиологически активных веществ, в том числе гиббереллина и гетероауксина (Golubinsky, 1974). В качестве исходных растворов использовались растворы сахарозы в концентрациях от 10 до 15% с добавлением 0,003% борной кислоты. В опытный состав добавляли активное вещество. Как показали результаты исследований, физиологически активные вещества дают

заметное повышение как процента прорастания, так и длины пыльцевых трубок. Все опытные активные вещества, кроме рибофлавина, математически достоверно стимулировали прорастание пыльцы. В число наиболее эффективных физиологически активных веществ для проращивания пыльцы на искусственных средах вошли никотиновая кислота, α -нафтилуксусная кислота, гетероауксин, гиббереллин. Был сделан вывод, что физиологически активные вещества, в том числе ауксины, заметно стимулируют прорастание пыльцы, как на искусственных средах, так и на рыльцах пестиков, особенно сильно увеличивая длину пыльцевых трубок.

Таким образом, из всего вышеописанного можно заключить, что исследование действия фиторегуляторов на прорастание пыльцы актуально, так как в перспективе позволяет усовершенствовать условия проращивания, приблизить их к естественным, в результате чего возрастет точность оценки жизнеспособности пыльцы. В естественных условиях прорастающие пыльцевые зерна находятся в сложной многокомпонентной среде, включающей различные по химической природе соединения и фитогормоны, результат влияния которых на прорастание в искусственной среде изменяет соотношение процента проросших зерен в разных по концентрации растворах.

Цель данной работы – выявить возможность повышения жизнеспособности пыльцы яблони сорта ‘Краснолистная’ под воздействием различных концентраций и сочетаний фитогормонов и установить влияние фактора освещенности на прорастание пыльцы.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе криокомплекса Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова. Объектом исследований являлась пыльца яблони (*Malus* Mill.) образец Краснолистная, (*Malus niedzwetzkyana* Dieck, syn. *M. sieversii* (Ledeb.) M. Roem. var. *niedzwetzkyana* Likh.). Образец ‘Краснолистная’ взят как предполагаемый (Vitkovsky, 2003; Ponomarenko, 1992) хороший опылитель и источник антоцианов для получения сортов с красной мякотью плодов и создания декоративных краснолистных форм яблони. Отбор пыльцы проводился на территории коллекционного сада филиала НПО «Пушкинские-Павловские лаборатории ВИР» в период с середины мая до середины июня 2016 г. В сухую погоду с деревьев одного сорта собирали от 150 до 250 шт. хорошо развитых бутонов накануне их раскрытия, после чего в лаборатории отделяли пыльники при помощи препаровальной иглы. Образцы пыльцы вместе с пыльниками после подсушивания в течение двух-трех суток при температуре +20°C до сыпучего состояния помещали на низкотемпературное (-18°C) хранение в герметичных криопробирках (Yushev et al., 2016).

Жизнеспособность пыльцы определяли методом проращивания на искусственной питательной среде, содержащей 10% сахарозы и 0,8% агар-агара. Проросшей считали пыльцу с длиной пыльцевой трубки, превышающей диаметр пыльцевого зерна. На поверхность питательной среды наносили капли суспензии пыльцы в дистиллированной воде с добавлением фитогормонов в различных сочетаниях и концентрациях в соответствии с приведенными ниже вариантами опыта (капли объемом 100 микролитров). Исследовали следующие концентрации и сочетания фитогормонов:

1. Гиббереллин АЗ 1 (мг/л)
2. Кинетин 1 (мг/л)
3. ИМК 1 (мг/л)

4. Гиббереллин А3 + Кинетин 1 (мг/л)
5. Гиббереллин А3 + ИМК 1 (мг/л)
6. ИМК + Кинетин 1 (мг/л)
7. Гиббереллин А3 + ИМК + Кинетин 1 (мг/л)
8. Гиббереллин А3 10 (мг/л)
9. Кинетин 10 (мг/л)
10. ИМК 10 (мг/л)
11. Гиббереллин А3 + Кинетин 10 (мг/л)
12. Гиббереллин А3 + ИМК 10 (мг/л)
13. Кинетин + ИМК 10 (мг/л)
14. Гиббереллин А3 + Кинетин + ИМК 10 (мг/л)

В контрольных вариантах пыльцу суспензировали в дистиллированной воде без добавления фитогормонов (кратковременное низкотемпературное хранение пыльцы образца Краснолистая практически не повлияло на ее исходную жизнеспособность). (Golubinsky, 1971).

Известно, что пыльца разных видов и даже сортов плодовых растений по-разному реагирует на проращивании на свету и в темноте. Поскольку ранее (Verzhuk, 2016) было установлено влияние света на прорастание некоторых сортов яблони, а данные для образца Краснолистая отсутствовали, исходную пыльцу проращивали на свету и в темноте. Для этого каждую исследуемую концентрацию фитогормонов рассматривали при двух режимах проращивания – на свету и в темноте. Проращивание на свету проводили в течение суток в термостатируемой световой установке при освещенности 7000-8000 люкс, при температуре $21 \pm 1^\circ\text{C}$, и соблюдался световой режим: 16 ч – день, 8 ч – ночь. Образцы, проращиваемые в темноте, помещались в термостат, где пыльца проращивалась также в течение суток при $21 \pm 1^\circ\text{C}$.

Учет и фотофиксацию проросших пыльцевых зерен проводили через 24 ч. В каждой чашке проводили съемку 50-ти случайных полей зрения в пяти каплях суспензии (для проведения статистической обработки брали 30 случайных полей зрения). Математический анализ данных проводили стандартными методами вариационной статистики с помощью пакета программ BioStat 2.0.

Результаты и обсуждение

Повышение жизнеспособности пыльцы С. С. Чумаков (Chumakov, 2012) связывал с высоким содержанием пролина в пыльцевых зернах. В его опытах было установлено, что эндогенный пролин пыльцевых зерен совместно с выделяемой рыльцем пестика аминокислотой триптофаном приводит к образованию ауксина, а именно индолилуксусной кислоты, благотворное влияние которой на прорастание пыльцы мы отмечаем выше. Он также приходит к выводу, что ведущая роль в процессе оплодотворения принадлежит эндогенной индолилуксусной кислоте, поскольку она регулирует интенсивность прорастания пыльцы и рост пыльцевых трубок. В наших исследованиях использовались фиторегуляторы трех классов: ауксины, гиббереллины и цитокинины, которые влияют на жизнеспособность пыльцы.

В таблице приводится процент прорастания пыльцы с нормальной (исходной) жизнеспособностью яблони образца Краснолистая при проращивании *in vitro* на искусственной среде с добавлением фитогормонов и их сочетаний при двух режимах освещенности.

По полученным данным выявлено, что влияние фитогормонов оказывает достоверное (при $P < 0,05$) воздействие на прорастание пыльцы ($5,92 \times 10^{-8} < 0,05$).

Режим освещенности также достоверно влияет на прорастание пыльцы исследуемого сорта (при $P < 0,05$), но в значительно меньшей степени ($0,00562 < 0,05$). По отдельности наиболее эффективно при проращивании в темноте на процент прорастания пыльцы влияют кинетин (1 мг/л) и ГБА3 (1 мг/л) (см. таблицу; рисунок).

Таблица. Влияние отдельных стимуляторов роста и их сочетаний на процент прорастания пыльцы яблони образца Краснолиственная с исходной жизнеспособностью в условиях различного светового режима.

Table. The influence of individual growth promoters and their combinations on the percentage of Apple pollen germination cv. Krasnolistnaya initial viability in different light conditions.

Сочетания фитогормонов	Концентрации фитогормонов	Условия проращивания Conditions of germination	
		Свет 16 ч, темнота 8 ч Light 16 h, Darkness 8 h	Темнота, 24 ч Darkness, 24 h
Контроль	–	18,0	24,3
	1 мг/л	19,0	28,2
ГБА3	10 мг/л	19,5	18,3
	1 мг/л	15,7	30,9
Кинетин	10 мг/л	28,5	22,7
	1 мг/л	11,4	9,5
ИМК	10 мг/л	12,6	15,5
	1 мг/л	6,4	10,6
ГБА3 + кин	10 мг/л	14,0	29,2
	1 мг/л	33,1	40,5
Кин. + ИМК	10 мг/л	18,5	26,3
	1 мг/л	14,1	17,0
ГБА3 + ИМК	10 мг/л	31,6	13,0
	1 мг/л	12,7	14,5
ГБА3 + ИМК + Кин.	10 мг/л	7,8	10,9

Наиболее эффективным сочетанием фитогормонов является сочетание кинетин + ИМК в концентрации 1 мг/л, которое при проращивании пыльцы на свету и в темноте приводит к наиболее существенному и достоверному (при $P < 0,05$) увеличению показателей роста (в 1,6–1,8 раза) по сравнению с контролем (см. таблицу; рисунок).

На основе приведенных выше материалов можно сделать вывод, что сочетание кинетина и ИМК в концентрации 1 мг/л значительно повышает всхожесть пыльцы.

Во всех контрольных вариантах опыта пыльца изучаемого сорта лучше проросла в темноте, в некоторых опытных вариантах, таких как ИМК + Гибберелин 10 мг/л, наблюдается обратная картина, что можно объяснить ингибирующим действием данного сочетания фитогормонов в указанной концентрации. Такое же действие в высокой концентрации 10 мг/л отмечается у кинетина. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа исходных данных позволяют сделать вывод о том, что наибольший эффект на прорастание пыльцы оказывает совместное действие факторов «концентрация стимулятора + световой режим», при котором наблюдается повышенный процент прорастания пыльцы. Несколько меньшее влияние на число проросших пыльцевых зерен оказывает только концентрация и тип стимулятора, которым обрабатывалась пыльца. И менее всего на жизнеспособность пыльцевых зерен оказывает влияние световой режим проращивания, хотя действие этого фактора также оказывается значимым: $p = 0,00562$.

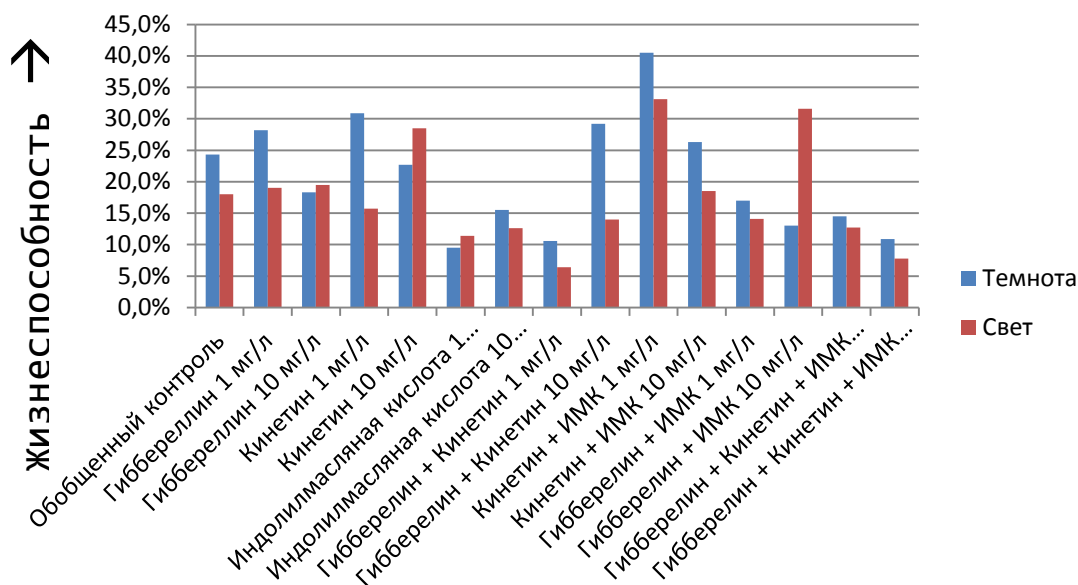


Рисунок. Процент прорастания пыльцы яблони образца Краснолиственная под действием фитогормонов.

Figure. The percentage of apple pollen germination cv. Krasnolistnaya under the action of phytohormones

В заключение можно сказать, что ранее в основном было изучено влияние отдельных фитогормонов и отдельно светового фактора, в нашей работе исследовано влияние сочетаний фитогормонов и комплексное влияние света и сочетаний фитогормонов на жизнеспособность пыльцы яблони. Подтвердилось достоверное влияние светового фактора и фитогормонов на процент прорастания пыльцевых зерен, ранжировано по значимости влияние этих факторов. Выявлены оптимальные концентрации и сочетания фитогормонов, повышающие процент прорастания пыльцы по сравнению с контролем.

Выводы

1. Методом двухфакторного дисперсионного анализа данных было установлено влияние фитогормонов на процент прорастания пыльцы образца Краснолиственная при проращивании на искусственной питательной среде (достоверность $5,92 \times 10^{-8} < 0,05$ после краткосрочного (менее 1 года) низкотемпературного хранения).

2. Фактор освещенности оказал незначительное ($P = 0,0056$), в сравнении с действием фиторегуляторов ($P = 5,92 \times 10^{-8}$), влияние на прорастание пыльцы образца Краснолиственная при проращивании исходной пыльцы.

3. Лучшим сочетанием стимуляторов, оказавшим наиболее сильное влияние на исходную пыльцу яблони образца Краснолиственная является кинетин + ИМК в концентрации 1 мг/л. Процент прорастания составил 40,5% в темноте (24,3% в контроле) и 33,1% на свету (18,0% в контроле). При повторной проверке проращивания в темноте результат составил 56,6% (26,6% в контроле)

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0004 «Совершенствование стратегии, теории, методов и технологий ex situ хранения генетических ресурсов растений без потери их жизнеспособности», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710363-2.

References/Литература

- Golubinsky I. N.* Biology of pollen germination : abstract diss. ... Dr. Biol. Sciences // Khar`kov, 1971. 68 p. [in Russian] (*Голубинский И. Н.* Биология прорастания пыльцы : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Харьков, 1971. 68 с.).
- Golubinsky I. N.* Biology of pollen germination. Kiev : "Naukova Dumka", 1974. P. 88–107 [in Russian] (*Голубинский И. Н.* Биология прорастания пыльцы. Киев : «Наукова думка», 1974. С. 88–107).
- Verzhuk V. G., Filipenko G. I., Pavlov A. V., Porotnikov I. V., Bondaruk D. D.* The Effect of light and sucrose concentration in the germination medium on the germination of Apple pollen // Bulletin of agricultural science. 2016. No. 3. P. 14. [in Russian] (*Вержук В. Г., Филипенко Г. И., Павлов А. В., Поротников И. В., Бондарук Д. Д.* Влияние света и концентрации сахарозы в среде проращивания на прорастание пыльцы яблони // Вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 14).
- Nesterov Ya. S.* The study of the collection of pome crops and identification of varieties of intensive type // Guidelines. Leningrad : VIR, 1986. С. 69–75 [in Russian] (*Нестеров Я. С.* Изучение коллекции семенных культур и выявление сортов интенсивного типа. Методические указания. Л.: ВИР, 1986. С. 69–75).
- Tatarintsev A. S.* Improving the accuracy of the experiments to identify the mutual varieties of fruit plants // Proceedings of the fruit and vegetable Institute them I. V. Michurin. 1959. Vol. 10. P. 71–75 [in Russian] (*Татаринцев А. С.* Повышение точности опытов по выявлению взаимоопыляемости сортов плодовых растений // Труды плодовоощного института им. И. В. Мичурина. 1959. Т. 10. С. 71–75).
- Reed Barbara M.* Plant Cryopreservation: A Practical Guide New York : Springer, 2008. P. 513.
- Chumakov S. S.* On the possible mechanisms of the stimulation of the fertilization of fruit plants // Scientific journal of KubGau, 2012, no. 83. Access mode <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/61.pdf> (accessed 30:05: 2017). (*Чумаков С. С.* О возможных механизмах стимуляции оплодотворения плодовых растений // Научный журнал КубГАУ, 2012. № 83. Режим доступа <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/61.pdf>) (Дата обращения: 30:05:2017).
- Vitkovsky V. L.* Fruit plants of the world. St. Petersburg ; Moscow ; Krasnodar, 2003. P. 17–33 [in Russian] (*Витковский В. Л.* Плодовые растения мира. СПб. ; Москва ; Краснодар, 2003 С. 17–33).
- Ponomarenko V. V.* Wild species of the genus *Malus* Mill. Europe, Caucasus, Siberia and Central Asia: biology, systematics: source material for breeding: Abstract. diss. Dr. Biol. Sciences. St. Petersburg : VIR, 1992, 39 p. [in Russian] (*Пономаренко В. В.* Дикорастущие виды рода *Malus* Mill. Европы, Кавказа, Сибири и Средней Азии : биология, систематика: исходный материал для селекции: автореф. дисс. д-ра биол. наук. СПб.: ВИР, 1992. 39 с.).
- Muromtsev G. S., Agnisticova V. N.* The gibberellins. Moscow : Nauka, 1984. 209 p. [in Russian] (*Муромцев Г. С., Агнестикова В. Н.* Гиббереллины. М. : Наука, 1984. 209 с.).
- Kovaleva L. V., Zakharova E. V., Voronkov A. S., Timofeeva G. V.*, Phytohormones and polar growth of pollen tube // V Int. School for Young Scientists. "Embryology, Genetics and Biotechnology", 2016, St. Petersburg, pp. 106–107 [in Russian] (*Ковалева Л. В., Захарова Е. В., Воронков А. С., Тимофеева Г. В.*, Фитогормоны и полярный рост пыльцевой трубки // V Межд. школа для молодых ученых. «Эмбриология, генетика и биотехнология», СПб., 2016. С. 106–107).
- Yushev A. A., Sorokin A. A., Tikhonova O. A., Orlova S. Yu., Kislin E. N., Radchenko O. E., Pupkova N. A., Shlyavas A. V.* Collection of genetic resources of fruit and berry plants: preservation, replenishment, study. Guidelines., St. Petersburg : VIR, 2016, 27 p. [in Russian] (*Юшев А. А., Сорокин А. А., Тихонова О. А., Орлова С. Ю., Кислин Е. Н., Радченко О. Е., Пупкова Н. А., Шлявас А. В.* Коллекция генетических ресурсов плодовых и ягодных растений: сохранение, пополнение, изучение. Методические указания. СПб. : ВИР, 2016. 27 с.).

Международная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и перспективы картофелеводства XXI века (90 лет научному картофелеводству Беларуси)»

Ю. В. Ухатова

10–13 июля 2018 года РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» при поддержке Национальной академии наук Беларуси и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь была организована и проведена международная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и перспективы картофелеводства XXI века (90 лет научному картофелеводству Беларуси)». В работе конференции приняли участие ведущие ученые отрасли не только из Беларуси, но также из Украины (Институт картофелеводства НААН Украины, Черниговский национальный технологический университет, Сумской национальный аграрный университет) и России (ФГБНУ «Всероссийский Научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха», Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», ФГБНУ «Уральский НИИСХ», представители ООО «Фат-Агро»). Программа конференции включала 22 устных доклада и 13 постерных сообщений. В ходе конференции были затронуты и освещены вопросы истории, современного состояния и перспектив развития отрасли картофелеводства в Беларуси, России и Украине. Представленные доклады касались вопросов селекции и семеноводства картофеля, защиты растений от вирусов и перспективных направлений биотехнологии.

Посещение опытных полей и лабораторий РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» вызвало неподдельный интерес всех участников конференции и способствовало возникновению дискуссий на темы внедрения современных технологий в производство сертифицированного посадочного материала картофеля.

Работа конференции была организована на самом высоком уровне с традиционным белорусским гостеприимством и радушием и, несомненно, в полной мере будет способствовать развитию мирового картофелеводства.

Научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля»

Ю. В. Ухатова

Научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля» проходила с 9 по 11 июля 2018 года в ФГБНУ «Всероссийский Научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха» и была совмещена с научно-практическим семинаром «Нормативное регулирование и современные методы диагностики патогенов в семеноводстве картофеля». В работе конференции были задействованы 120 участников из 12 областей России, а также зарубежных стран: Кореи, Таджикистана и Китая. В качестве почетных гостей конференции с докладами выступили представители Совета Федерации России (С. Г. Митин), Министерства науки и высшего образования России (Е. В. Журавлева), Картофельного союза (А. П. Красильников) и др.

Особое внимание было уделено основным направлениям КПНИ «Картофелеводство», которые в течение трех лет способствуют синтезу фундаментальных, прикладных исследований и производства. Тематика конференции была раскрыта в научных сообщениях по селекции, семеноводству, защите растений картофеля. Программа конференции включала устные доклады, постерные сообщения, обход научных посадок картофеля, а также демонстрацию современных комплексов по выращиванию миниклубней картофеля, отличающихся мощностями, габаритами и производительностью. Участники конференции имели возможность своими глазами оценить все представленные модели и определить для себя плюсы и минусы каждой. Кроме того, были представлены современные методики тестирования растений на наличие вирусов и бактерий, а также средства защиты от болезней и вредителей.

В результате работы конференции участники обменялись накопленным опытом, знаниями и обсудили дальнейшие перспективы развития картофелеводства в России и мире.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-302-314

ОБЗОР

УДК 634.232.001.5:631.526.1/.4

О. В. Еремина

Филиал Крымская опытно-селекционная станция Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»
353384, Россия, Краснодарский край, Крымск, ул. Вавилова, 12,
e-mail: kross67@mail.ru

Ключевые слова:

черешня, донор, источник, ценный признак, адаптивность, крупноплодность, самоплодность, наследование

Поступление:

06.04.2018

Принято:

19.09.2018

ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВЫДЕЛЕНИЕ ДОНОРОВ И ИСТОЧНИКОВ СЕЛЕКЦИОННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗ ГЕНОФОНДА ЧЕРЕШНИ (ОБЗОР)

На основе всестороннего изучения генофонда черешни – *Prunus avium* (L.) L. (= *Cerasus avium* (L.) Moench) выделены источники селекционно значимых признаков, рекомендуемых для использования в программах выведения новых сортов и клоновых подвоев черешни. Особенно ценны для использования в селекции источники ряда значимо ценных признаков: *крупный размер плода* – ‘Валерий Чкалов’, ‘Hedelfingen’, ‘Крупноплодная’, ‘Emperor Francis’, ‘Дончанка’, ‘Амулет’, ‘Александрия’, ‘Василиса’, ‘Ярославна’, ‘Bigarreau Burlat’ и др.; *самоплодность* – ‘Whiis Gold’, ‘Камелия’, ‘Lapins’, ‘Sweetheart’, ‘Skeena’, ‘Staccato’, ‘Chelen’, ‘Stella’, ‘Newstar’, ‘Sunburst’, ‘Summit’, ‘John Innes 2420’; *устойчивость к коккомикозу* – ‘Валерий Чкалов’, ‘Frücheste der Markt’, ‘Drogans gelbe’, ‘Bigarreau Gaucher’, ‘Наполеон’, ‘Татарская черная’, ‘Emperor Francis’, ‘Skeena’, ‘Амулет’, ‘Hedelfingen’, ‘Генеральская’, ‘Эйфория’ и др.; *устойчивость к растрескиванию плода* – ‘Алая’, ‘Амазонка’, ‘Амулет’, ‘Viola’, ‘Донецкая красавица’, ‘Донецкий великан’, ‘Дончанка’, ‘Hedelfingen’, ‘Контрастная’, ‘Merton bigarreau’, ‘Прощальная’, ‘Sweetheart’ и др. Выделены генотипы – *комплексные источники нескольких признаков, имеющих ценность для использования в селекции*, – сорта ‘Lapins’, ‘Skeena’, ‘Sweetheart’, ‘Hedelfingen’, ‘Emperor Francis’, ‘Валерий Чкалов’, ‘Drogans gelbe’ и некоторые другие. Использование генеалогического анализа сортов черешни позволило выделить: *комплексные доноры*, сочетающие в одном генотипе комплексы положительных признаков: продуктивность, позднее созревание плодов, крупноплодность, высокие вкусовые качества плодов и самоплодность – сорта ‘Lapins’, ‘Skeena’, ‘Sweetheart’, ‘Крупноплодная’, представляющие особую ценность для селекционного использования; *«скрытые» доноры* – генотипы, у которых донорские признаки не проявляются в фенотипе, но прослеживаются в их потомстве – ‘Bigarreau Burlat’, ‘Germersdorf’, ‘Валерий Чкалов’, ‘Stella’, ‘Van’, ‘Vittoria’, ‘Drogans gelbe’, ‘Дайбера черная’

O. V. Eremina

Krymsk Experiment Breeding Station,
branch of the N. I. Vavilov All-Russian
Institute of Plant Genetic Resources
12, Vavilova St., Krymsk, Krasnodar
Territory, 353384, Russia,
e-mail: kross67@mail.ru

Key words:

sweet cherry, donor, source, valuable
trait, adaptability, large fruit size,
self-fertility,
inheritance

Received:

06.04.2018

Accepted:

19.09.2018

**GENEALOGICAL ANALYSIS AND IDENTIFICATION
OF DONORS AND SOURCES OF VALUABLE BREEDING
TRAITS IN THE SWEET CHERRY GENE POOL
(OVERVIEW)**

A comprehensive study of the *Prunus avium* (L.) L. gene pool has identified sources of important breeding traits which can be recommended for the use in programs aimed at breeding new varieties and clonal rootstocks of sweet cherry. Of special importance are the sources of such useful breeding traits as *large fruit size* (e.g., varieties 'Valerii Chkalov', 'Hedelfingen', 'Krupnoplodnaya', 'Emperor Francis', 'Donchanka', 'Amulet', 'Aleksandriya', 'Vasilisa', 'Yaroslavna', 'Bigarreau Burlat', etc.); *self-fertility* ('Whiis Gold', 'Camelia', 'Lapins', 'Sweetheart', 'Skeena', 'Staccato', 'Shelen', 'Stella', 'Newstar', 'Sunburst', 'Summit', 'John Innes 2420'), *resistance to coccomycosis* ('Valerii Chkalov', 'Frücheste der Markt', 'Drogans Gelbe', 'Bigarreau Gaucher', 'Napoleon', 'Tatarskaya chernaya', 'Emperor Francis', 'Skeena', 'Amulet', 'Hedelfingen', 'Generalskaya', 'Euphoria', etc.), and *resistance to fruit cracking* ('Alaya', 'Amazonka', 'Amulet', 'Viola', 'Donetskaya krasavitsa', 'Donetskiyi velikan', 'Donchanka', 'Hedelfingen', 'Contrastnaya', 'Merton Bigarreau', 'Proshalnaya', 'Sweetheart', etc.) Some genotypes have been identified as *complex sources of valuable traits*. For instance, these are varieties 'Lapins', 'Skeena', 'Sweetheart', 'Hedelfingen', 'Emperor Francis', 'Valerii Chkalov', 'Drogans Gelbe' and some others. The genealogical analysis of sweet cherry genotypes made it possible to identify the varieties 'Lapins', 'Skeena', 'Sweetheart' and 'Krupnoplodnaya' as *complex donors* combining sets of such important breeding traits as productivity, late maturity of fruits, large fruit size, high quality taste of fruit and self-fertility. The varieties 'Bigarreau Burlat', 'Bigarreau de Germersdorf', 'Valerii Chkalov', 'Stella', 'Van', 'Vittoria', 'Drogans Gelbe', 'Daybera black' are regarded as "*hidden*" donors, as the transferred traits do not manifest themselves in the phenotype, but can be traced in their progeny.

Для повышения эффективности селекционной программы большую роль играет углубленное изучение генофонда черешни и выделение из него геноносителей, как доноров, так и источников хозяйственноценных признаков наиболее значимых для селекционного процесса.

Многие сорта черешни, полученные во вторичных генетических центрах (Североамериканском, Западноевропейском и др.), в условиях Северного Кавказа недостаточно хорошо адаптируются и зачастую не проявляют признаки и свойства, по которым были выделены в местах их происхождения. Однако они имеют ценные признаки, позволяющие с их участием создавать местные более адаптивные генотипы с ценными положительными признаками (Eremina et al., 2009).

Использование накопленного опыта по сортоиспытанию и применению в селекции в Краснодарском крае различными научными учреждениями, в том числе и Крымской ОСС, интродуцированных зарубежных сортов черешни, позволило проанализировать их, выделить лучшие доноры и источники селекционно ценных признаков и разработать рекомендации для их использования в различных селекционных программах (Eremin, 1985).

Большинство важных признаков наследуются как полигенные количественные системы, поэтому их генетический контроль установить очень сложно. При выделении донора, нами прежде всего определялась способность положительных признаков передаваться по наследству. Донорские признаки зачастую имеются у значительного числа скрещиваемых образцов. Но предпочтительнее для селекционного использования генотипы, у которых этот признак сочетался бы с максимальным количеством положительных и небольшим числом отрицательных проявлений. Важно, чтобы генотип уже в первом-втором поколении передавал селекционно значимые признаки, а полученные формы превосходили распространенные, стандартные сорта (Eremin et al., 2015).

Частая повторяемость абиотических (зимой – низкие температуры и оттепели, весной – возвратные заморозки, летом – недостаток воды в почве и в атмосфере, высокие температуры) и биотических стрессоров (грибковые болезни – монилиоз, коккомикоз, дырчатая пятнистость, а также вредители), подводит селекционеров к тому, что необходим подбор и создание высокоадаптивных, продуктивных, конкурентоспособных сортов черешни для эффективного возделывания на юге России.

Современное направление селекции черешни, помимо скороплодности, продуктивности и адаптивности, также идет по пути создания самоплодных сортов.

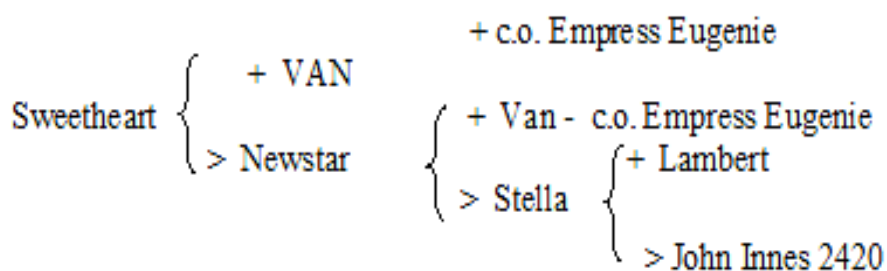
Проведенный генеалогический анализ показал, что самоплодные сорта в своем потомстве дают самоплодные формы (табл. 1).

По данным Н. Lapins (1976), донорами самоплодности являются все генотипы, унаследовавшие ген S_3S_4 от донора признака 'John Innes 2420', созданного в Англии (Моллинг-Мертон), прежде всего сорт 'Stella' и его производные 'Lapins', и 'Sweetheart' (рис. 1, 2). Известно, что большинство сортов черешни, созданных в Канаде и США, сочетают высокие качества плодов с самоплодностью, переданной от самоплодного мутанта 'John Innes 2420', полученного при скрещивании сортов Emperor Francis × Napoleon, сеянец которого облучен в период микроспорогенеза X-лучами (Lapins, 1976; Milatovic, 2010).

**Таблица 1. Наследуемость признака самоплодности при селекции
(приведено по: Milatovic, Durovic, 2010)**
Table 1. Inheritance of self-fertility in breeding (by: Milatovic, Durovic, 2010)

Сорт		Схема происхождения		Страна- оригинатор
Lapins	СП	Van × Stella	С6П × СП	Канада
Newstar	СП	Van × Stella	С6П × СП	Канада
Skeena	СП	(Bing × Stella) × (Van × Stella)	С6П × СП	Канада
Simfonia	С6П	Lapins × Bing	СП × С6П	Канада
Swetheart	СП	Van × Newstar	С6П × СП	Канада
Sovereign	СП	Swetheart CO	СП × СП	Канада
Sentennial	СП	Swetheart CO	СП × СП	Канада
Staccato	СП	Swetheart CO	СП × СП	Канада
Black star	СП	Lapins × Burlat	СП × С6П	Италия
Sandor	СП	Burlat × Stella	С6П × СП	Румыния
Big star	СП	Lapins × Lapins	СП × СП	Италия
Sir Hans	СП	Stella × Vega	СП × С6П	Австралия

Примечание: С6П – самобесплодный; СП – самоплодный; СО – свободное опыление



**Рис. 1. Происхождение сорта Sweetheart (Канада)
(приведено по: Еремина, 2016)**

Fig. 1. Origin of the Sweetheart variety (Canada) (by: Eremina, 2016)

В генетической коллекции Крымской опытно-селекционной станции изучаются сорта канадской селекции, у которых самоплодность варьирует в пределах 83–96%.

Основным направлением в селекции черешни является создание достаточно зимостойких, засухоустойчивых адаптированных к условиям выращивания, высокопродуктивных, самоплодных, сортов, разных сроков созревания, позволяющих получить конвейер поступления свежей продукции на стол потребителя, характеризующихся плотными крупными преимущественно темноокрашенными плодами, устойчивыми к растрескиванию во влажную погоду при созревании.

Также необходимо направлять селекционную работу на создание сортов черешни со сдержанной силой роста дерева – более компактной кроной (Lewis, Stowe, 1954).

Поскольку гибридологический анализ полиморфизма черешни, как и других плодовых культур, недостаточно эффективен в изучении ее частной генетики, то в данной работе был использован генеалогический анализ при изучении наследования ряда важнейших для селекции признаков. Такие признаки, как сроки созревания плодов, их размер, а также самоплодность во многом определяют ценность сортов черешни, особенно используемых в

производственных насаждениях, их пригодность для эффективного возделывания и конкурентоспособности плодов при реализации.

Черешня в дикорастущем виде произрастает на юге Европы, на Кавказе и на Ближнем Востоке, не отличаясь большим полиморфизмом в сравнении с другими плодовыми растениями этих регионов (Apostol, 2011; Blazkova, 1996; Kappel, 2008). Введение черешни в культуру было проведено на Ближнем Востоке, а затем она распространилась в странах Средиземноморья, а далее в странах западной Европы, где и возник вторичный центр происхождения сортов черешни – Западноевропейский (Eremin, 1985; Eremin et al., 2015). Распространение западноевропейских сортов в Восточную Европу привело к возникновению вторичного Восточноевропейского генетического центра этой культуры, где на формирование признаков местных сортов оказали существенное влияние более суровые почвенно-климатические условия, а также контакты с сортами, возникшими на Кавказе, и дикорастущей местной черешней. Также постоянно шла интродукция западноевропейских, а позднее и североамериканских сортов (Eremin et al., 2004; Eremin et al., 2015; Eremina, 2015).

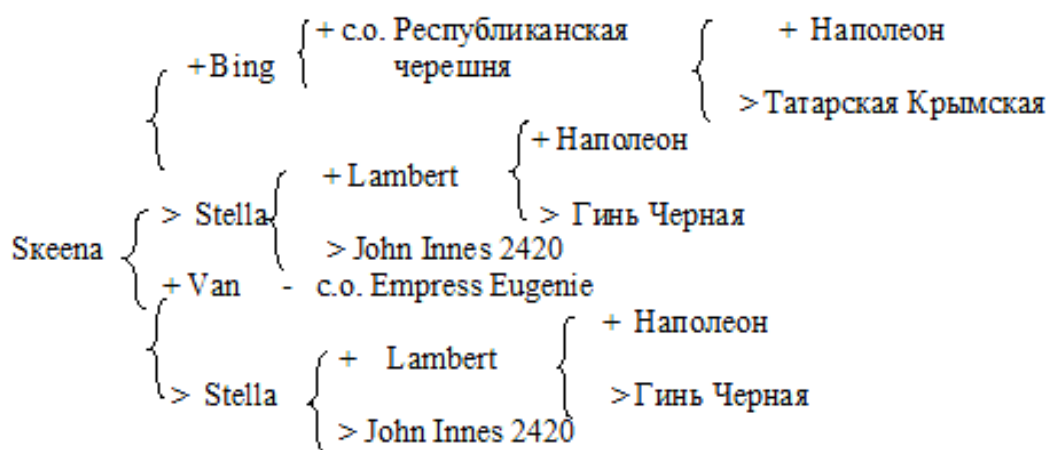


Рис. 2. Происхождение сорта Skeena (Канада)

Fig. 2. Origin of the Skeena variety (Canada)

В Северную Америку черешню завезли колонисты из Западной Европы, поэтому местные сорта в этом регионе близки к западноевропейским (Lewis, Crowe, 1954; Lapins, 1976; Kappel, Lane, 1998). Однако большое разнообразие климатических условий и особенностей агротехники привели к возникновению здесь сортов, не уступающих, а в ряде случаев и превосходящих западноевропейские сорта по комплексу положительных признаков, таких как ‘Bing’, ‘Van’, ‘Lambert’ и прочие.

С целью изучения генетических особенностей сортов черешни различного происхождения, в процессе совершенствования их в ряде поколений было проведено у них изучение родословных. Анализировались такие селекционно значимые признаки, как сроки созревания и размер плодов.

В основном в селекции черешни за рубежом (Западная Европа и Северная Америка) использовались местные стародавние сорта. Особенно часто это были: ‘Hedelfingen’, ‘Biggarreau de Germersdorf’ и ‘Bigarreau Burlat’ – в Западной Европе (Apostol, 2011; Blazkova, 1996); ‘Van’, ‘Bing’, ‘Lambert’ и ‘Emperor

Francis' – сорта американской селекции; 'Stella', 'Lapins', 'Sweetheart' – сорта канадской селекции, которые используются в селекционной работе для создания новых самоплодных сортов (Kappel, Lane, 1998; Kappel, 2008). В странах Европы сорта 'Vittoria', 'Vic', 'Kordia' и 'Merlon Glory' применяются в селекционных программах на получение позднеспелых крупноплодных сортов (Blazkova, 1996; Milatovic, Durovic, 2010) (табл. 2).

В Восточноевропейском вторичном центре происхождения, прежде всего в России и на Украине в зоне традиционного культивирования черешни, селекционеры использовали в своих программах другие, в основном, интродуцированные из Западной Европы сорта, которые не применялись селекционерами Европы.

Высокую комбинационную способность среди западноевропейских сортов проявили: 'Drogans gelbe', 'Donisseens gelbe', 'Emperor Francis', 'Jaboulay', 'Frücheste der Markt', 'Наполеон белая', 'Bigarreau Gaucher' и 'Bigarreau Burlat' (Eremina et al., 2009). Из новых сортотипов, созданных во вторичном Восточноевропейском центре происхождения, лучшие результаты получены с участием сортов 'Валерий Чкалов', 'Дайбера черная', 'Крупноплодная', 'Дончанка' и 'Донецкая Красавица'.

Для определения хозяйственно-биологической ценности сортов черешни важное значение имеют сроки созревания и размер их плодов. Анализ родословных позволяет выявить доноры по этим селекционно значимым признакам. Поскольку черешня открывает сезон созревания плодов в наших садах, ранние сорта ценятся особенно высоко и селекция, направленная на раннеспелость, является одной из приоритетных ее программ. В селекции на ранние сроки созревания плодов хорошо себя проявили как доноры этого признака сорта 'Bigarreau Burlat', 'Frücheste der Markt', 'Валерий Чкалов', 'Drogans gelbe' и 'Emperor Francis'. Раносозревающие генотипы выделены в потомстве сортов 'Компактная Веньяминова' и 'Скороспелка'.

В потомстве ранних сортов черешни выделяется сравнительно много ранних и сверххранних сеянцев. Однако в гибридном потомстве раннего сорта 'Валерий Чкалов' отсутствуют сеянцы со сверххранним созреванием плодов. В то же время среднеспелый сорт 'Drogans gelbe' в гибридном потомстве имеет не только ранние, но и сверххранние сеянцы. Примечательно то, что такие сорта, как 'Drogans gelbe', 'Валерий Чкалов', 'Donissens gelbe' и 'Stella', дающие в потомстве много раннеспелых сеянцев, имеют широкий спектр дочерних сортов, различающихся по срокам созревания от сверххранних до сверхпоздних. Это же отмечается и для гибридного потомства, полученного с участием сортов 'Bigarreau de Germersdorf', 'Emperor Francis', 'Французская черная'.

В последние годы у населения сильно возрос интерес к потреблению плодов черешни не только в традиционные, но и значительно более поздние сроки, включая и зимние месяцы. Это делает необходимым создание поздних и сверхпоздних сортов, плоды которых способны долго сохраняться в свежем виде. Такие сорта в настоящее время выделены из гибридных популяций, полученных с участием сортов 'Bing', 'Van', 'Stella', 'Lapins', 'Sweetheart', 'Kordia' и 'Rub'. Эти сорта, а также ряд поздних гибридов, полученных с участием образцов 'Bigarreau Burlat', 'Bigarreau de Germersdorf', 'Hedelfingen', 'Vittoria' и 'Emperor Francis', решают данную проблему. Видимо, участие в гибридизации при получении таких генотипов одного из компонентов позднеспелого сорта гарантирует присутствие в селекционной популяции гибридов растений со сверхпоздним созреванием плодов.

Таблица. 2 Характеристика генотипов, с участием которых выведено большинство современных сортов (приведено по: Eremina, 2016)
Table 2. Characteristics of genotypes used in breeding the majority of modern varieties (by: Eremina, 2016)

Сорт	Черешневая неделя созревания плодов	Размер плодов	Выведено с участием изучаемого сорта новых сортов	Число сортов с признаками									
				Сроки созревания, черешневая неделя						Размер плода, группы			
				1	2	3	4	5	6	средний	выше среднего	крупный	очень крупный
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Апрелька	1	средний	3	0	1	2	0	0	0	1	1	1	0
Bing	5	крупный	7	0	0	1	3	1	2	1	1	4	1
Bigarreau Burlat	2	выше среднего	26	2	2	8	3	11	0	4	6	10	6
Валерий Чкалов	1	крупный	34	0	10	5	10	8	1	2	6	20	6
Van	4	выше среднего	20	0	0	4	5	5	6	0	2	13	5
Vittoria	6	средняя	4	0	0	0	1	3	0	2	0	2	0
Bigarreau de Germersdorf	4	средний	10	1	1	3	2	2	1	2	4	2	2
Дайбера черная	6	средний	7	1	2	0	3	1	0	5	0	2	0
Donissens gelbe	5	средний	13	1	1	4	5	1	1	6	4	3	0
Дончанка	5	крупный	5	0	1	1	3	0	0	0	0	4	1
Донецкая красавица	5	крупный	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Drogans gelbe	5	средний	52	2	9	10	12	15	4	14	10	21	7
Jaboulay	2	средний	11	1	2	4	4	0	0	7	4	0	0
Золотая	6	крупный	8	0	2	1	2	1	1	4	3	1	0
Золотая лошицкая	5	средний	9	0	4	2	3	0	0	9	0	0	0
Hedelfingen	5	крупный	12	1	0	4	3	4	0	5	4	3	0
Kordia	5	крупный	9	0	0	1	1	5	2	0	4	3	2
Крупноплодная	5	очень крупный	4	0	0	0	0	4	2	0	0	0	2
Lambert	5	крупный	5	0	0	1	2	2	0	0	3	2	0
Lapins	5	крупный	7	0	0	1	3	5	1	0	1	4	2
Merton Glory	3	очень крупный	5	0	0	4	0	1	0	0	2	2	1
Наполеон белая	4	крупный	13	0	1	3	5	3	1	3	2	7	1
Наполеон черная	4	средний	5	0	1	2	0	1	1	4	1	0	0
Belle di Toskana	3	средний	5	0	0	1	2	2	0	3	1	1	0
Frücheste der Markt	1	мелкий	12	4	4	1	2	1	0	7	4	1	0
Rub	6	очень крупный	8	0	0	3	0	4	1	2	1	3	1
Stella	4	средняя	32	1	2	7	8	6	8	4	5	17	6
Emperor Francis'	5	крупный	26	2	5	4	9	4	2	9	9	7	1
Французская черная	5	средний	4	0	1	0	1	2	0	0	4	0	0

1 неделя – сверхранний; 2 – ранний; 3 – средний; 4 – среднепоздний; 5 – поздний; 6 – сверхпоздний; средний – 5-6 г, выше среднего – 7 г, крупный – 8-10 г, очень крупный – выше 11 г

Такие сверхпоздние элиты, ставшие сортами, выделены их многих гибридных семей. Исключение составляют лишь потомства поздних сортов 'Hedelfingen' и 'Vittoria', среди которых имеется много поздносозревающих, но отсутствуют сверхпоздние генотипы. Наибольшее число поздних и сверхпоздних форм было выделено в потомствах сортов 'Van', 'Stella', 'Bigarreau Burlat', 'Lapins', 'Sweetheart', 'Kordia', 'Rub' и 'Bing'.

Из генетической коллекции черешни, сосредоточенной на станции, после многолетних наблюдений выделен ряд сортов, несущих в себе ценные селекционно значимые признаки (табл. 3).

В России сорта черешни среднего и позднего сроков созревания созданы в сравнительно большом количестве. Родительскими формами их стали сорта 'Drogans gelbe', 'Валерий Чкалов', а также 'Наполеон белая', 'Крупноплодная', 'Дончанка', 'Донецкий уголек', 'Донецкая красавица', связанные своим происхождением с сортом 'Drogans gelbe'. Также выделены сорта – 'Дайбера черная', 'Золотая', 'Bigarreau Gaucher' и 'Donissens gelbe', в потомстве которых преобладают поздние и сверхпоздние генотипы.

Основными методами селектирования новых сортов с заданными параметрами следует считать повторные скрещивания различных образцов, несущих тот или иной положительный селекционный признак. При анализе формообразования в гибридном потомстве сортов черешни отмечены случаи возникновения в потомстве положительных трансгрессий по признакам: раннеспелость, позднеспелость, крупноплодность. Это позволяет вести селекцию с использованием эффекта трансгрессии, в частности, по указанным селекционным признакам добиваться перевода их проявления на более высокий уровень. Адаптивность получаемых сортов должна быть направлена на получение форм с длительным зимним покоем, высокой зимостойкостью, устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды (табл. 4).

Очень важно, чтобы сорта, подбираемые для гибридизации, обладали комплексом положительных свойств (зимостойкость, засухоустойчивость, длительный период покоя, позднее растянутое цветение, крупноплодность, продуктивность) и дополняли друг друга по нужным селекционным свойствам. В целом подбор родительских форм для гибридизации зависит от требований селекции и генетических особенностей имеющихся сортов.

Проведенный генеалогический анализ сортов-родителей, который подтверждает наследование важнейших признаков, позволил предложить для селекционной работы сорта-доноры, которые передают потомству помимо донорского признака еще и сопутствующие положительные признаки (табл. 5).

В настоящее время на станции ведется работа по созданию новых сортов черешни с вовлечением в селекционный процесс новых доноров и источников селекционно значимых признаков, выделившихся из генофонда этой культуры.

Гибрид 14-11 (сеянец сорта 'Французская черная'), полученный на станции в 1960-е годы, используется в качестве отцовской формы как донор сверхраннего срока созревания. В то же время сорт 'Sweetheart' имеет в своем потомстве самоплодные сорта – 'Staccato', 'Sovereign' и 'Sentennial', которые унаследовали от него и поздний срок созревания плодов. Нами ведется селекционная работа с участием этого сорта на получение самоплодных гибридов с более крупными плодами, различных сроков созревания (прежде всего поздних).

Таблица 3. Источники селекционно значимых признаков черешни, выделенные в коллекции (филиал Крымская ОСС ВИР, 2002–2016 гг.)
Table 3. Sources of traits of importance for sweet cherry breeding identified in the collection (Krymsk Experiment Breeding Station, 2002–2016)

№№ Каталог а ВИР	Сорт- «источник»	Зимостойкость цветковых почек	Устойчивость к заморозкам во время цветения	Позднее цветение	Устойчивость к коккомикозу	Устойчивость к мониллиозу	Устойчивость к растрескиванию плодов	Самоплодность	Сдержанность роста	Раннее созревание плодов	Позднее созревание плодов	Сухой отрыв от плодоножки	Высокая плотность мякоти	Отличный вкус	Крупноплодность	Устойчивость к неблагоприятным условиям во время цветения
43807	Александрия	+	+	+	+	+								+	+	+
43808	Амазонка						+									
43809	Амудет	+	+		+	+					+	+		+	+	
31687	Bing				+											
41170	Van Compact								+			+	+			
41168	Viola						+									
18137	Вираз Генеральская	+			+	+					+					
41173	Джерело		+							+				+	+	
24827	Донецкая красавица						+				+	+			+	+
41175	Донецкий великан		+				+				+	+	+			
24830	Дончанка						+				+					+
34098	Загадка								+		+	+		+	+	
45655	Камелия Китаевская черная		+		+	+	+	+			+	+	+			+
	Контрастная					+					+	+		+	+	
24794	Космическая Kristalina	+	+	+		+	+				+			+		+
18178	Ласточка									+					+	+
24853	Merton Bigarreau			+		+	+		+							
18180	Мечта				+									+	+	
42235	Нальчанка			+												
41195	Прощальная						+							+	+	
41198	Ревна		+													
41200	Regina				+											
41202	Рондо								+							
9943	Sweet september			+												
43803	Sweetheart			+			+	+								+
26674	Сестренка	+	+	+												
43802	Skeena	+	+					+				+		+		+
18249	Солнечный шар			+											+	
41208	Тайна		+													
	Tamara											+	+	+		
43819	Темп														+	
41210	Утренняя звезда			+					+							
18260	Emperor Francis		+		+											
43820	Эйфория	+	+	+	+	+			+						+	
24820	Ярославна	+	+		+				+	+					+	+

Таблица 4. Доноры и источники селекционно значимых признаков в селекции черешни (2002–2015 гг.)
Table 4. Donors and sources of important traits in sweet cherry breeding (2002–2015)

Признаки	Доноры и источники селекционных признаков
Зимостойкость	Августовская, Алая, Александрия, Аэлита, Донецкая красавица, Донецкий уголек, Drogans gelbe, Hedelfingen, Космическая, Кудесница, Подкумская поздняя, Прощальная, Regina, Родина, Рондо, Сестренка, Степная, Тавричанка, 'Emperor Francis, Чернокрымка
Заморозки до минус 5°C	Александрия, Василиса, Джерелло, Донецкий великан, Ипуть, Hedelfingen, Праздничная, Прощальная, Ревна, Skeena, Тайна, Фатех, Emperor Francis', Эйфория
Позднее цветение	Алая, Александрия, Аэлита, Vepolidu Hight Yellow, Whiis Gold, Днепровка, Донецкий великан, Hedelfingen, Космическая, Мелитопольская поздняя, Merton Bigarreau, Москвичка, Подкумская поздняя, Приусадебная, Ревна, Regina, Sweet september, Skeena, Солнечный шар, Staccato, Утренняя звезда, Hudson
Устойчивост к болезням	Амулет, Бахор, Bing, Black Gold, Василиса, Van, Выставочная, Генеральская, Hedelfingen, Киевлянка, Китаевская черная, Korota, Мелитопольская сочная Nuke, NY 81-82, NY 42-4099, NY 49-127, Патриотка, Полянка, Праздничная, Regina, Стойкая, Талисман, Томму, Emperor Francis, Hudson, Гд 2-68,
Самоплодность	Lapins, Sweetheart, Skeena, Staccato, Stella, Selest, Starbust, Santina, Chelen, Black Gold
Сдержанный рост	Крепыш, Lambert compact, Van Compact, Кавказская улучшенная, Старт, Сердце Данко, Утренняя звезда.
Нерастрескиваемость плода	Алая, Амазонка, Амулет, Viola, Донецкая красавица, Донецкий великан, Дончанка, Hedelfingen, Контрастная, Космическая, Merton Bigarreau, Прощальная, Skeena, Sweetheart, Chinook,
Раннее созревание	Ярославна, Валерий Чкалов, Frücheste der Markt, Краснодарская Ранняя, Рубиновая ранняя, Ранняя Розовая, Апрелька, Эйфория, Erlais, Салют, Скороспелка
Позднее созревание	Алая, Vittoria, Генеральская, Kordia, Мечта, Подкумская поздняя, Regina, Tamara, Sweetheart, Simfonia, Skeena, Staccato, Hudson, Emperor Francis
Сухой отрыв плода от плодоножки	Крепыш, Старт, Сердце Данко, Утренняя звезда, Regina, Tamara, Ревна, Kordia, Амазонка
Высокая плотность мякоти, транспортабельность	Бигарро Оратовского, Bing, Black Gold, Генеральская, Донецкий уголек, Крепыш, Kordia, Мечта, NY 42-4099, NY 49-127, Regina, Tamara, Sweetheart, Skeena, Staccato,
Высокие вкусовые качества плодов	Донецкая красавица, Донецкий уголек, Дончанка, Курортная, Салют, СВ 11-7, Темп, Краса Кубани
Крупноплодность	Александрия, Амулет, Валерий Чкалов, Валерия, Василиса, Восход, Джерелло, Донецкая красавица, Загадка, Искра, Крупноплодная, Мечта, Прощальная, Талисман, Темп, Skeena, Эйфория, СВ 11-7,
Холодная погода во время цветения	Алая, Александрия, Валерий Чкалов, Дончанка, Hedelfingen, Китаевская черная, Космическая, Kristalina, Lapins, Sweetheart, Skeena, Tamara, Ярославна,
Высокие консервные качества плодов	Hedelfingen Крепыш, Мелитопольская черная, Оксана, Французская черная, Черноглазка, Черный алмаз,
Темная окраска плодов	Донецкий уголек, Крепыш, Негритянка, Подкумская поздняя, Sweetheart, Skeena, Черноглазка

Выводы и предложения

Результаты генеалогического анализа сортов генофонда черешни позволяют сделать некоторые выводы и предложения по его использованию в селекционной программе этой культуры:

1. Селекция на поздние и ранние сроки созревания, а также на крупный размер плодов – перспективные программы в процессе совершенствования сортимента черешни. Лучшие генотипы, созданные с участием доноров этих признаков, удачно наследуют их в сочетании с другими положительными признаками современных сортов, а иногда являются положительными трансгрессиями по селектируемому показателю.

Таблица 5. Донорские и сопутствующие положительные признаки доноров черешни
Table 5. Donor traits and accompanying positive characters of sweet cherry donors

№№ каталога ВИР	Донор	Зимостойкость цветковых почек	Адаптивность	Позднее цветение	Устойчивость к коккомикозу	Устойчивость к растрескиванию плодов	Самоплодность	Сдержанность роста	Раннее созревание плодов	Позднее созревание плодов	Сухой отрыв	Высокая плотность мякоти	Отличный вкус	Крупноплодность	Устойчивость к неблагоприятным условиям во время цветения	Темная окраска плода	Высокая урожайность
2250	Гибрид 14-11			П					О								
18128	Валерий Чкалов								О					П		П	
18140	Drogans gelbe	П	О		П					П				П			
17621	Hedelfingen	П	О													П	П
	Золотая				О				П								
45652	Kordia				П	П			О		П		П				
29065	Крепыш		П		П		П				О			П	П	П	
24795	Крупноплодная		П					П		П		П	О	П	П	П	П
42129	Larins						О		П						П		П
18196	Наполеон черная	О	П		П											П	
	Frücheste der Markt				П			О									
43083	Sweetheart	П					О		П						П		П
41205	Stella						О							П	П		
18260	Emperor Francis'	П			П				О					П			П
	Черноглазка	П				П										О	

Примечание: О – донорский признак; П – сопутствующий положительный признак

2. Большинство местных стародавних и новых селекционных сортов черешни являются гетерозиготными. Их использование в гибридизации способствует формированию значительного разнообразия по селекционно значимым признакам в потомстве и выделению ценных генотипов. Выдающимися исходными формами в селекции черешни являются сорта 'Drogans gelbe' (к-18140), 'Валерий Чкалов' (к-18260), 'Van' (к-30188) и 'Stella' (к-41205), с участием которых создано большинство новых перспективных сортов, в том числе характеризующихся ранним и поздним созреванием плодов, и крупноплодностью.

3. Выделены **лучшие сорта-доноры** изучавшихся признаков, рекомендуемые для использования в селекционных программах черешни:

– **раннее созревание плодов** – ‘Bigarreau Burlat’ (к-17612), ‘Валерий Чкалов’ (к-18128), ‘Frücheste der Markt’ и ‘Скороспелка’ (к-18243);

«скрытые» доноры раннеспелости – ‘Emperor Francis’ (к-18260), ‘Bigarreau de Germersdorf’ (к-13648), ‘Stella’ (к-41205) и ‘Дайбера черная’ (к-3222), созревающие в средние и среднепоздние сроки;

– **позднее созревание** – ‘Bing’ (к-31687), ‘Emperor Francis’ (к-18260), ‘Lapins’ (к-42129), ‘Золотая’, ‘Vittoria’ и ‘Hedelfingen’ (к-17621);

«скрытые» доноры позднеспелости – ‘Bigarreau Burlat’ (к-17612), ‘Bigarreau de Germersdorf’ (к-13648), ‘Stella’ (к-41205), ‘Van’ (к-30188), ‘Drogans gelbe’ (к-18140), ‘Валерий Чкалов’ (к-18128) и ‘Наполеон белая’ (к-18195) – сорта раннего и среднего сроков созревания, в потомстве которых появляется достаточно много позднеспелых генотипов;

– **крупный размер плодов** – ‘Emperor Francis’ (к-18260), ‘Bing’ (к-31687), ‘Hedelfingen’ (к-17621), ‘Kordia’ (к-45652), ‘Rub’, ‘Дончанка’ (к-24830), ‘Валерий Чкалов’ (к-18128) и ‘Lapins’ (к-42129) – сорта доноры крупноплодности;

«скрытые» доноры крупноплодности – ‘Bigarreau Burlat’ (к-17612), ‘Bigarreau de Germersdorf’ (к-13648), ‘Stella’ (к-41205), ‘Van’ (к-30188), ‘Vittoria’, ‘Drogans gelbe’ (к-18140) и ‘Дайбера черная’ (к-3222) – сорта со средними размерами плодов, но в потомстве имеющие достаточно много крупноплодных форм;

– **самоплодность** – все генотипы, унаследовавшие ген S_3S_4 от донора признака ‘John Innes 2420’ (прежде всего, сорт ‘Stella’ и производные от него ‘Lapins’, и ‘Sweetheart’).

4. Выделены комплексные доноры – сочетающие аллели, контролирующие одновременно крупноплодность с ранним или поздним созреванием плодов. **Сорта:**

– **сочетающие генотипический контроль крупноплодности и позднеспелости** – ‘Skeena’ (к-43802), ‘Sweetheart’ (к-43803), ‘Lapins’ (к-42129), ‘Bing’ (к-31687), ‘Emperor Francis’ (к-18260), ‘Hedelfingen’ (к-17612), ‘Vittoria’, ‘Rub’, ‘Kordia’ (к-45652), ‘Van’ (к-30188), ‘Наполеон белая’ (к-18195);

– **контролирующие самоплодность, крупноплодность и позднее созревание плодов** – ‘Sweetheart’ (к-43803), ‘Skeena’ (к-43802), ‘Lapins’ (к-42129) и ‘Stella’ (к-41205).

– **контролирующие крупноплодность с ранним созреванием плодов** – ‘Bigarreau Burlat’ (к-17612), ‘Валерий Чкалов’ (к-18128), ‘Bigarreau de Germersdorf’ (к-13648) и ‘Ярославна’ (к-24833);

– **сочетающие аллели одновременно раннеспелость, позднеспелость и крупноплодность** – ‘Drogans gelbe’ (к-18140), ‘Валерий Чкалов’ (к-18128) и ‘Emperor Francis’ (к-18260) в потомстве указанных сортов имеются генотипы как раннеспелые, так и позднеспелые с крупным размером плода.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710369-4.

References/Литература

Eremin G. V. Problems and methods of intensification and acceleration of breeding work with stone fruit crops / All-Union Conference on "Tasks and modern methods of fruit and berry crops breeding". Moscow, 1985, pp. 30–32 [in Russian] (Еремин Г. В. Проблемы и методы интенсификации и

- ускорения селекционной работы с косточковыми культурами / Всесоюзное совещание по теме «Задачи и современные методы селекции плодовых и ягодных культур». М., 1985. С. 30–32).
- Eremin G. V., Isachkin A. V., Kazakov I. V. et al.* Fruit and berry crops general and proper breeding and variety investigation / Ed. G. V. Eremin. Moscow : Mir, 2004, 422 p. [in Russian] (*Еремин Г. В., Исачкин А. В., Казаков И. В.* и др. Общая и частная селекция и сортоведение плодовых и ягодных культур / под ред. Г. В. Еремина. М. : Мир, 2004, 422 с.).
- Eremin G. V., Dubravina I. V., Kovalenko N. N., Hasanova T. A.* Fruit crops pre-breeding. Monograph / Ed. G. V. Eremin. Krasnodar : KubSAU, 2015, 335 p. [in Russian] (*Еремин Г. В., Дубравина И. В., Коваленко Н. Н., Гасанова Т. А.* Предварительная селекция плодовых культур: монография / под ред. Г. В. Еремина. Краснодар : КубГАУ, 2015. 335 с.).
- Eremina O. V.* Genealogical analysis of large-fruited varieties of sweet cherry // Orchard crops breeding and variety propagation: Proceedings / VNIISPК. V. 3. Innovations in fruit and berry crop breeding: materials of the Int. Sci. Pract. Conf. (July 5-8, Orel). Orel, 2016, pp. 52–56 [in Russian] (*Еремина О. В.* Генеологический анализ крупноплодных сортов черешни / Селекция и сортоведение садовых культур: сб. науч. работ / ВНИИСПК. Т. 3 Инновации в селекции плодовых и ягодных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. (5-8 июля г., Оре́л). Оре́л, 2016. С. 52–56).
- Eremina O. V.* Study of the cherry gene pool and its practical use / Storage and use of genet. Resources of Gardens and Vegetable Cultures: Sat. Tez. Doc. and Communication. Intern. Scientific-practical. Conf. 19-21 Aug. 2015. Krymsk, 2015, pp. 34–36 [in Russian] (*Еремина О. В.* Изучение генофонда черешни и его практическое использование / Хранение и использование генет. ресурсов садов. и овощ. культур: сб. тез. докл. и сообщ. междунар. науч.-практ. конф. 19-21 авг. 2015 года. Крымск, 2015. С. 34–36).
- Eremin G. V., Hasanova T. A., Eremina O. V. et al.* Development of a methodology for the formation of genetic collections of donors and sources of valuable plant characteristics of the genus *Prunus* L. for accelerating the breeding process / Sci. and Pract. Conf. of the Russian Sci. Foundation grant holders and the Krasnodar Territory administration "Contribution of fundamental research in the development of modern innovative economy of Krasnodar Territory": Abstracts. Krasnodar, 2009, pp. 85–86 [in Russian] (*Еремин Г. В., Гасанова Т. А., Еремина О. В.* и др. Разработка методологии формирования генетических коллекций доноров и источников ценных признаков растений рода *Prunus* L. для ускорения селекционного процесса / Науч.-практ. конф. грантодержателей Российского фонда фундамент. исслед. и администрации Краснодар. края «Вклад фундамент. науч. исслед. в развитие современ. инновац. экономики Краснодар. края»: сб. тез. Краснодар, 2009. С. 85–86).
- Apostol J.* Breeding of sweet and sour cherry in Hungary. Zbornik radova III savetovanja 'Inovacije u vocarstvu', Belgrad, 10. februar, 2011.
- Blazkova J.* Results of sweet cherry breeding at Holovously from 1973 to 1993 // Acta Horticulturae, 1996, 410, pp. 393–398.
- Kappel F.* Breeding cherries in the 'New world' // Acta Horticulturae, 2008, 795, pp. 59–69.
- Kappel F., Lane W. D.* Recent sweet cherry introductions from the breeding program at Summerland, British Columbia, Canada // Acta Horticulturae, 1998, 468, pp. 105–109.
- Lapins H. O.* New fruits from Summerland British Columbia 1956-74 // Publication Canada department agriculture. Ottawa, 1976, no. 1471, pp. 1–19.
- Lewis D., Crow L. K.* The induction of self-fertility in tree fruits // Journal of Horticultural Science, 1954, 29, pp. 220–225.
- Milatovic D. P., Durovic D.* Pomological properties of sweet cherry cultivars in the region of Belgrade. Vocarstvo, 2010, vol. 44, no. 171/172.

УДК 631.453:631.811.943

О. В. Яковлева

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: oly.yakovleva@mail.ru

Ключевые слова:

токсичность, кислая почва,
алюминий

Поступление:

22.06.2018

Принято:

19.09.2018

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ИОНОВ АЛЮМИНИЯ

В России находятся самые большие в мире площади почв с избыточной кислотностью. По результатам агрохимических обследований пахотных земель, площадь кислых почв (рН меньше 5,5) в настоящее время составляет около 65 млн. га. Потери сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно в год составляют 15–20 млн га. Негативное влияние кислой почвы на растения объясняется низким содержанием обменных оснований и наличием больших количеств подвижных форм алюминия (2–20% к массе почвы). Поглощение и усвоение алюминия растениями зависит от форм, которыми он представлен в кислых почвах. Значение алюминия в жизни растений неоднозначно, более многочисленны сообщения о токсическом действии ионов алюминия. Высокие концентрации алюминия непосредственно или косвенно влияют на процессы жизнедеятельности растений: водный режим, метаболизм азота, минеральное питание, фотосинтез, окислительно-восстановительные реакции. Фитотоксичные ионы металлов также влияют на различные физиологические и биохимические процессы у растений, стимулируют многочисленные анатомические и морфологические изменения. Избыток ионов алюминия в почве нарушает минеральное питание растений. Избыток ионов алюминия в почве нарушает минеральное питание растений. Для снижения вредного токсического действия ионов алюминия на растения используются различные агрохимические методы. Большинство растений чувствительно к высоким концентрациям алюминия. Устойчивость к токсичным концентрациям ионов металлов у растений обусловлена действием нескольких механизмов, которые характерны для каждого вида. У некоторых видов растений существуют защитные механизмы, с помощью которых неблагоприятное действие токсичных ионов уменьшается или полностью исключается. Определено, что рост корня – лучший индикатор устойчивости, чем рост наземной части растения. В основе методов диагностики алюмоустойчивости на ранних этапах развития растений лежит изменение длины корней после воздействия стрессового фактора. Знание генетических и физиологических основ устойчивости растений к высоким концентрациям ионов тяжелых металлов и алюминия необходимо для поиска толерантных генотипов культивируемых растений.

O. V. Yakovleva

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: oly.yakovleva@mail.ru

Key words:

toxicity, acid soil, aluminum

Received:

22.06.2018

Accepted:

19.09.2018

PHYTOTOXICITY OF ALUMINUM IONS

Russia contains the largest areas of soil with excessive acidity in the world. According to the results of agrochemical surveys of arable lands, the area of acidic soils (pH less than 5.5) is currently about 65 million hectares. The losses in agricultural products calculated in grain per year amount to 15–20 million tons. The negative effect of acid soil on plants is explained by the low content of exchangeable bases and the presence of large quantities of mobile forms of aluminum (2–20% from the weight of the soil). Absorption and assimilation of aluminum by plants depends on the forms by which it is represented in acidic soils. The importance of aluminum in plant life is ambiguous, as the reports on the toxic effect of aluminum ions are more numerous. High concentrations of aluminum directly or indirectly affect the processes of vital activity of plants: water regime, nitrogen metabolism, mineral nutrition, photosynthesis, oxidation-reduction reactions. Phytotoxic metal ions also affect various physiological and biochemical processes in plants, stimulate numerous anatomical and morphological changes. Excess aluminum ions in soil disrupt the mineral nutrition of plants. Various agrochemical methods are used to reduce the harmful toxic effect of aluminum ions on plants. Most plants are sensitive to high concentrations of aluminum. The resistance to toxic concentrations of metal ions in plants is due to the action of several mechanisms that are characteristic of each species. Some species of plants have protective mechanisms by which the adverse effects of toxic ions are reduced or completely eliminated. It has been established that root growth is the better indicator of resistance than the growth of the above-ground plant parts. The methods of diagnosing sensitivity to aluminum in the early stages of plant development are based on the change in root length after exposure to a stress factor. Knowledge of the genetic and physiological foundations of plant resistance to high concentrations of ions of heavy metals and aluminum is necessary for the search for tolerant genotypes of cultivated plants.

Взаимодействие почвы и растения определяется биологическими особенностями культуры, а также комплексом абиотических факторов. Физико-химические свойства почвы оказывают существенное влияние на формирование величины и качества сельскохозяйственной продукции (Nebolisin et al., 2000). Сельское хозяйство нашей страны функционирует в зоне неустойчивого земледелия, поэтому проблема повышения приспособленности культурных растений к условиям, отличным от оптимальных, имеет важное значение. Согласно литературным сведениям, основное внимание в повышении адаптивности растений к условиям внешней среды должно быть уделено зоне корней. Адаптивность к стрессовым факторам в этой зоне обеспечивает надежность производственного процесса фитоценозов и рационального потребления питательных веществ растениями (Klimashevskiy, 1995).

В России находятся самые большие в мире площади почв с избыточной кислотностью. По результатам агрохимических обследований пахотных земель, площадь кислых почв (рН меньше 5,5) в настоящее время составляет около 65 млн га. В ряде субъектов РФ удельная площадь кислых почв превышает 50–70%. Потери сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно в год составляют 15–20 млн т. При сохранении объемов известкования на нынешнем уровне неизбежно дальнейшее ухудшение плодородия почв, снижение эффективности применения минеральных удобрений и снижение производства сельскохозяйственной продукции.

В литературе можно встретить разные определения токсичности. Способность химических веществ и их соединений оказывать вредное воздействие на организм человека, животных и растений называется токсичностью. Даются и частные определения токсичности, например, это свойство легкорастворимых солей вызывать угнетение развития и отравление растений вследствие повышения осмотического давления в почвенных растворах и нарушение поступления воды и питательных элементов, а также нарушение физиологических функций растения (Samofalova, 2009). Относительная способность вещества наносить вред путем неблагоприятного биологического эффекта также называется токсичностью. Степень токсичности всегда измеряется абсолютным количеством вещества, вызывающим определенный биологический эффект. Под фитотоксичностью понимается способность химических веществ подавлять рост и развитие растений. Существует также определение фитотоксичности почвы: это способность почв оказывать угнетающее действие на растения, приводящее к нарушению физиологических процессов, ухудшению качества растительной продукции и снижению ее выхода (GOST 17.4.3.04-85, 2008). Мы остановимся на токсичности соединений алюминия, существенно снижающих продуктивность растений в условиях кислых почв.

Негативное влияние кислой почвы на растения объясняется низким содержанием обменных оснований (кальция, магния, калия) и наличием больших количеств подвижных форм алюминия (2–20% к массе почвы). По сведениям Nebolisin et al. (2000), «...токсичность катиона водорода (точнее – гидроксония H_2O^+) проявляется наиболее сильно в почвах с рН < 4,2; алюминия < 5,0; восстановленных (двухвалентных) марганца и железа < 6,0–6,5; форм азотного питания < 4,8–5,0; недостатка молибдена < 5,0–5,5; избытка различных тяжелых металлов < 5,0–6,0».

Алюминий является третьим элементом по распространенности в литосфере после кислорода и кремния (8,8% массы земной коры). Он входит в состав более двухсот пятидесяти минералов, сорок процентов из которых составляют алюмосиликаты – преобладающий компонент большинства почвообразующих пород (Sokolova et al., 2012; Shugaley et al., 2012). Общее содержание алюминия в почве составляет от 8 до 15% в пересчете на оксид алюминия (Chesnokova et al.,

2004). Обычно он находится в виде труднорастворимых соединений, но в кислых почвах может быть и в обменно-поглощенном состоянии.

В условиях избыточного увлажнения алюминий обладает высокой миграционной и реакционной способностью, участвует в формировании почвенной кислотности. Содержание подвижного алюминия определяется кислотностью почвы, при закислении почв концентрация алюминия увеличивается. В почвенном растворе он находится в виде ионов Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_4^-$, которые относятся к фитотоксичным соединениям.

Вредное действие алюминия на растения зависит от концентрации активных форм, находящихся в почвенном растворе. Наиболее высокая токсичность алюминия проявляется при pH ниже 4. Определено, что концентрации алюминия, превышающие 1 мг/л воды, оказывают вредное воздействие на рост и развитие сельскохозяйственных культур. При концентрации подвижного алюминия от 2 до 5 мг/100 г почвы наблюдается угнетение роста, деформация органов растений. Падение урожайности и частичная гибель растений отмечается при концентрации 10 мг/100 г почвы.

Поглощение и усвоение алюминия растениями зависит от форм, которыми он представлен в кислых почвах. Соединения, в которых алюминий присутствует в почвах, разнообразны, но не все являются токсичными для растений (Ganzha, 1941; Palaveev et al., 1983; Barlett et al., 1972; Tanaka et al., 1987; Nogueirol et al., 2015). В форме алюмосиликатов, входящих в состав первичных и вторичных минералов почвы, алюминий не усваивается растениями. Окиси и гидроокиси алюминия, а также его комплексы с гуминовыми кислотами, являются труднорастворимыми соединениями, и алюминий из них плохо усваивается растениями. В сильнокислой среде гидроокись алюминия наиболее растворима и может быть токсична для растений. Хелатносвязанный алюминий в виде внутрикомплексных соединений с фульвокислотами наиболее подвижен и доступен для растений, но токсичность его снижена. В результате обменных реакций в почве появляется обменный алюминий, являющийся самой подвижной и токсичной формой для растений. В кислых почвах алюминий также может присутствовать в виде труднорастворимых солей, например, фосфатов алюминия, которые плохо усваиваются растениями. Вообще содержание подвижных ионов металлов зависит от типа почвы, характера почвообразующей породы, механического состава и некоторых других факторов (Nebolisin, Nebolisina, 1985).

Значение алюминия в жизни растений неоднозначно. Одни исследователи считают, что алюминий совершенно бесполезен для растений (Ellenberg, 1958), другие, что он необходим растениям в ничтожных концентрациях (Ganzha, 1941; Palaveev et al., 1983; Nebolisin et al., 2000). Также сообщается, что в низких концентрациях алюминий может быть полезен для некоторых видов растений (Howeler et al., 1976; Clark, 1977; Foy et al., 1978; Matsumoto et al., 1979; Pilon-Smit et al., 2009; Wojórquez-Quintal et al., 2017).

Обнаружено, что алюминий является специфическим активатором сукцинатдегидрогеназы и пектин-полигалактуроназы; предполагается участие алюминия в нуклеиновом обмене (Wacker, Valle, 1959). В последнее время появляются исследования, свидетельствующие о том, что алюминий может индуцировать экспрессию или активность транспортных белков, а также изменять мембранный потенциал и протонный ток, способствующие переносу питательных веществ в растении (Bose et al., 2011, 2013). Накапливаясь в растении, алюминий может изменять окраску цветков у декоративных культур (гортензия, камелия), использоваться для окрашивания тканей (листья и кора растений рода *Symplocos*) (Ito et al., 2009; Schmitt et al., 2016).

Более многочисленны сообщения о токсическом действии высоких концентраций алюминия. При содержании в питательной среде в больших

количествах алюминий быстро поглощается корнями и локализуется в оболочках клеток. В результате этого тормозится рост корневой системы, корни утолщаются, приобретают темную окраску, снижается их длина и масса, уменьшается ветвление и количество корневых волосков (Avdonin, 1969; Klimashevskiy, 1991; Hartwell, Pember, 1918; Clarkson, 1965; Kerridge et al., 1971; Alam, 1981; Foy, 1984; Horst et al., 1986; Bláha et al., 1994; Mesenco, 2001; Kochian et al., 2004; Kopittke et al., 2015). Рост корней затруднен в результате снижения митотической активности клеток (Clarkson, 1965; Jackson, 1967; Bennet et al., 1985a, b). Прекращение деления клеток наблюдается через пять-шесть часов после обработки растений солями алюминия (Sampson et al., 1965; Horst et al., 1983). Алюминий снижает проницаемость протоплазмы для воды и различных солей. Имеются сведения о накоплении алюминия в ядрах и митохондриях клеток (Klimashevskiy et al., 1972; Klimashevskiy, 1974; Sharma et al., 1987; Zhang et al., 2014). Он связывается с нуклеиновыми кислотами, нарушает синтез ДНК и белков (Klimashevskiy et al., 1972; Bernathskaya et al., 1976; Klimashevskiy, 1995; Morimura et al., 1978; Naidoo et al., 1978; Ulmer, 1979; Wallace, Anderson, 1984), меняет ход ферментативных реакций (Xie et al., 1996). Связывание алюминия с ДНК может изменить ее топологию, повысить жесткость ДНК, создать трудности в процессе репликации (Hu et al., 2016).

Неблагоприятное действие низких температур (Clarkson, 1967; Huett et al., 1979; Karmanenko, 2014) и засухи (Foy, 1974) в присутствии алюминия также тормозит развитие корневой системы. Токсические концентрации алюминия нарушают дыхательный газообмен в зоне корней, что приводит к сильному оттоку ассимилянтов и, следовательно, может привести к снижению продуктивности растений (Gersht et al., 1981; Sarkunan et al., 1984; Bennet et al., 1985c).

Высокие концентрации алюминия неблагоприятно влияют и на надземную часть растения: вызывают снижение длины стебля и замедление его роста, сокращение длины междоузлий, развитие боковых побегов, уменьшение размеров листа, хлорозные пятна, некрозы (Alam, 1981; Miyazawa et al., 1981; Fagria, 1982; Palival et al., 1994; Yakovleva et al., 2011). Нарушения, вызванные токсичными ионами алюминия, затрагивают также фотосинтетический аппарат растений. Снижается интенсивность фотосинтеза и содержание хлорофилла, происходит разрушение хлоропластов (Sarkunan et al., 1984; Ohki, 1986; Kumar Roy et al., 1988; Amunova, 2016). Все это замедляет отток ассимилянтов в репродуктивные органы и приводит к снижению урожая.

Фитотоксичные ионы металлов влияют на различные физиологические и биохимические процессы у растений, стимулируют многочисленные анатомические и морфологические изменения (Alam, 1981; Kovačević et al., 1998; Kumar Roy et al., 1988). Изучалось влияние ионов алюминия на цитогенетические характеристики двух сортов пшеницы (Zanella et al., 1991). Сорта PAT 7392 и CNT 10 выращивались на кислых почвах с рН 4,0 и почвах со щелочной реакцией (изменение рН достигалось внесением извести). Реакцию растений на стресс авторы определяли путем изменения числа дезориентированных бивалентов, унивалентов, определения слипания и правильности расхождения хромосом, наличия микроядер. Линейная связь с кислотностью установлена лишь для некоторых показателей: слипание, разрывы хромосом, преждевременное расхождение бивалентов и формирование унивалентов. Сорт CNT 10 оказался нечувствительным к токсическому действию кислых почв, в то время как в кариотипе сорта PAT 7392 количество аберраций снижалось с увеличением дозы извести.

В тканях растений алюминий может вызывать образование активных форм кислорода, что приводит к окислительному повреждению биологических мембран, изменению активности антиоксидантных ферментов и дисбалансу метаболитов,

участвующих в окислительных реакциях (Yamamoto et al., 2002; Cartes et al., 2010, 2012; Shen et al., 2014).

В литературе особое внимание уделяется изучению взаимодействия алюминия с другими минеральными веществами почвы. Выяснено, что избыток ионов алюминия в почве приводит к нарушению минерального питания. Так, поглощение и передвижение кальция в надземные органы у ячменя ингибируется алюминием в концентрациях выше 25мМ (Clarkson et al., 1971). Подавление алюминием поглощения ионов Ca^{2+} отмечено и другими исследователями почти у всех выращиваемых зерновых культур (Camargo, 1985), включая рис (Alam, 1983), ячмень, рожь (Horst et al., 1986), кукурузу (Gerzabek et al., 1986), сорго (Guerrier, 1982). Однако эти процессы возможны только тогда, когда кальций находится в значительно более высоких концентрациях, чем алюминий (Wagatsuma, 1983).

Под действием алюминия количество доступного растениям фосфора уменьшается в результате осаждения фосфатов в почве (Clarkson, 1966) и на поверхности корня, сокращая его перемещение в надземную часть и включение его в основные органические соединения (Bernathskaya, 1974; Helyar, 1978; Mathan, 1980; Mugiwara et al., 1981). Алюминий ингибирует процесс фосфорилирования сахаров с образованием высокоустойчивых комплексов алюминия с АТФ (Trapp, 1980; Foy, 1984), увеличивает количество свободных нуклеотидов, нарушает их фракции в синтетических процессах, что затрагивает важнейшие стороны метаболизма, включая ферментативные процессы, синтез нуклеиновых кислот и транспорт фосфора в надземные органы.

В опытах со злаками наблюдали подавление алюминием усвоения и обмена азота в растении. Алюминий подавляет активность фермента нитратредуктаза (Foy, Fleming, 1982; Keltjens, 1988) и, следовательно, сокращает ассимиляцию азота; увеличивается количество аммиачного и свободного аминного азота, снижается доля белкового азота (Berezovskiy, Klimashevskiy, 1974; Klimashevskiy, 1982).

Отрицательное действие ионов алюминия сказывается на процессах поглощения и усвоения растениями воды, калия, магния, марганца, железа, меди (Alam, 1983; Cambraia et al., 1983; Canal et al., 1983). Показано, что у сорго и риса при низких концентрациях железа в питательной среде алюминий снижает его доступность для растений и вызывает хлорозы (Furlani et al., 1981). Повышенное содержание алюминия в кислой почве может снижать поглощение калия и меди растениями кукурузы, а также меди растениями сорго (Cambraia et al., 1983; Gerzabek et al., 1986).

Многие исследования подтверждают, что уменьшение поглощения элементов минерального питания связано с ингибированием алюминием активного мембранного транспорта (Foy, Fleming, 1982; Taylor et al., 1985; Černohorská et al., 1997).

Для снижения вредного токсического действия ионов алюминия на растения используются различные агрохимические методы: известкование, внесение органических, минеральных удобрений, хелатообразователей.

Известкование почв является одним из основных методов улучшения химических свойств почвы с кислой реакцией. В результате снижается обменная и гидролитическая кислотность, содержание фитотоксичных элементов (алюминия, марганца, железа). Внесение известковых материалов улучшает физические свойства почвы, усиливает деятельность полезных микроорганизмов, обогащает почву подвижным кальцием, улучшает минеральное питание растений. Под действием известкования урожайность зерновых культур увеличивается на 0,4–0,6 т/га, сахарной свеклы – на 5–6, кукурузы (зеленая масса) – на 5–9 и сена злаково-бобовых многолетних трав – на 5–6 т/га. При известковании почв, содержащих токсичные количества алюминия и марганца, происходит блокирование легкоподвижных форм этих элементов. Известкование

положительно влияет на использование растениями азота и фосфора из почвы и удобрений.

Степень кислотности почв, ее природа, содержание подвижных форм фитотоксичных элементов, физико-химический состав почвы, а также биологические и сортовые особенности возделываемых культур – факторы, от которых зависит эффективность известкования. При известковании сильнокислых почв отмечается наиболее высокая эффективность, по мере снижения кислотности эффективность известкования снижается закономерно и нелинейно (Nebolisin et al., 2000).

Детоксикационное действие органических удобрений объясняется наличием органических кислот, щелочной реакцией, высокой буферностью. На сильнокислых почвах с высоким содержанием фитотоксичных элементов внесение органических удобрений целесообразно сочетать с известкованием.

При хелатировании алюминий связывается в хелатные комплексные соединения с органическими кислотами, которые наименее токсичны для растений (Poukhalskaya, 2005). Органические кислоты разделяют на три группы по снижению токсичности: сильная детоксикация – лимонная, щавелевая, винная; средняя – яблочная, малоновая, салициловая; слабая детоксикация – янтарная, молочная, яблочная. Кислоты и их производные специфичны для каждого вида растений, динамика выделения кислот также видоспецифична.

Внесение минеральных удобрений, в частности, фосфорных снижает негативное действие алюминиевой токсичности. При определенном уровне pH происходит связывание алюминия фосфат-ионом и фитотоксичность алюминия снижается. Среда обогащается элементами-антагонистами: кальцием, магнием, кремнием, содержащимися в фосфорных удобрениях. Считается, что по сравнению с известкованием использование фосфорных удобрений более эффективно при детоксикации кислых почв.

В современных производственных условиях описанные методы устранения токсического воздействия ионов алюминия на сельскохозяйственные растения могут считаться дорогими, трудоемкими и трудозатратными. Поэтому важное значение имеет устойчивость растений к высоким концентрациям стрессовых факторов среды.

Установлено, что растения могут облегчать или устранять вредные эффекты от действия алюминия, но эта способность у разных генотипов неодинакова. Различия по толерантности к избыточным концентрациям токсичных ионов металлов известны и частично изучены у некоторых дикорастущих и культурных видов растений (Ernst, 1982; Woolhouse, 1983; Clark et al., 1997).

Знание генетических и физиологических основ устойчивости растений к высоким концентрациям ионов тяжелых металлов и алюминия необходимо для поиска толерантных генотипов культивируемых растений. Большинство растений чувствительно к высоким концентрациям алюминия. У некоторых видов растений существуют защитные механизмы, с помощью которых неблагоприятное действие токсичных ионов облегчается или полностью исключается. Растения могут быть устойчивы к действию ионов одного металла или к нескольким (Baker et al., 1989). Например, *Agrostis tenuis*, *Festuca ovina* проявляют толерантность к Zn, Cu, Cd и Ni, а также к As, Al, Fe и NaCl (Larcher, 1995).

Устойчивость к токсичным концентрациям ионов металлов у растений является действием нескольких механизмов, которые характерны для каждого вида. Разные механизмы толерантности могут действовать отдельно или в комплексе. Толерантность определенного генотипа к алюминию основана на существовании механизмов сопротивления, расположенных в нескольких различных подсистемах. Определено, что рост корня – лучший индикатор устойчивости по сравнению с ростом надземной части (McLean, Gilbert, 1927). В основе методов диагностики

алюмочувствительности на ранних этапах развития растений лежит изменение длины корней после воздействия стрессового фактора (Klimashevskiy, 1988; Yakovleva, 2012). Отмечается также, что после обработки алюминием у устойчивых сортов продолжается непрерывный рост корня.

Механизмы толерантности к тяжелым металлам и алюминию в зависимости от места воздействия могут классифицироваться как экзогенные (апопластические) и эндогенные (симпластические) (Teylor, 1988a; Haug, Shi, 1991; Amosova et al., 2007; Sade et al., 2016). Экзогенные механизмы толерантности предотвращают поступление ионов токсичных элементов в клетки растения. В их основе лежит адсорбция и хелатирование токсичных ионов на поверхности клеточных стенок корня и в ризосфере (Klimashevskiy et al., 1978; Clarkson, 1967). Эндогенные механизмы детоксикации ионов действуют внутри клеток, в протоплазме.

Сложная структура и химический состав клеток обеспечивают растениям некоторую защиту от транспортировки токсичных ионов из окружающей среды в протопласт. Исследования механизма взаимодействия ионов алюминия и клеточной оболочки показали, что у устойчивых сортов происходит связывание ионов алюминия с полисахаридами. Устойчивые генотипы синтезируют большие количества полисахаридов в условиях алюминиевого стресса (Schaeffer et al., 1990). В основе полисахаридного синтеза лежит деятельность аппарата Гольджи в периферийных клетках корневого чехлика.

Важным барьером для проникновения вредных концентраций алюминия является мембранное образование на границе цитоплазмы и клеточной оболочки – плазмалемма толерантных растений. Некоторые алюмотолерантные генотипы обладают способностью уменьшать число отрицательных участков для закрепления Al^{3+} на поверхности плазмалеммы. Алюминий в контакте с плазмалеммой действует как обменный ион. Поэтому катионообменная способность исключительно важна как механизм проникновения алюминия в клетку; наблюдаются большие различия между разными видами и сортами по этому признаку. Алюмоустойчивые генотипы обладают значительно меньшей катионообменной способностью, чем алюмочувствительные. Накопление алюминия у чувствительных сортов пшеницы и ячменя выше по сравнению с устойчивыми. У устойчивых сортов более высокое накопление алюминия было отмечено только в апикальной зоне корня (Foy et al., 1967). Также отмечается положительная корреляция между катионообменной способностью и содержанием алюминия в конкретном генотипе растения (Wagatsuma, 1983). У некоторых сортов мембранные белки играют важную роль в обеспечении алюмоустойчивости (Aniol, 1984, 1996); наибольшее количество синтезированного мембранного белка было обнаружено в зоне корня длиной 5 мм у устойчивого сорта пшеницы (Basu et al., 1994).

Неподвижность алюминия в плазмалемме основана на отталкивании его электрически заряженными белками. Определенные белки, которые в больших количествах синтезируются в устойчивом генотипе, играют существенную роль в обеспечении устойчивости (Aniol, 1984; Tamas et al., 2001). В алюмочувствительном генотипе избыток ионов алюминия приводит к разрушению липидных белков клеточных мембран, что нарушает метаболические и транспортные процессы клетки (Haug et al., 1991).

Выделение в зоне корней хелатных соединений, которые связывают ионы металлов, считается одним из экзогенных механизмов толерантности растений к тяжелым металлам и алюминию. Результаты многих исследований указывают на роль так называемых фитохелатов в устойчивости растений к токсичным ионам металлов (Steffens, 1990). Их присутствие отмечено более чем у 200 видов растений. Наиболее высокое содержание фитохелатов найдено у генотипов, произрастающих на почвах с высокими концентрациями тяжелых металлов.

Хелатирование алюминия уменьшает его проникновение в клетку из-за более низкой подвижности таких комплексов по сравнению с ионами. В основном алюминий хелатируется органическими кислотами, что позволяет замедлить или полностью прекратить поступление токсичных ионов в растение (Horst et al., 1982; Ohman, 1988; Koyama et al., 1995; Singh et al., 1997). Устойчивые генотипы в присутствии низкого рН и высокой концентрации ионов алюминия в окружающей среде увеличивают выделение хелатирующих веществ для связывания алюминия. Устойчивые сорта имеют более низкие концентрации алюминия в клетках корневых волосков, чем алюмочувствительные сорта (Delhaize et al., 1993). Определено, что приблизительно 25-35% от общего количества алюминия в ризосфере может быть связано с хелатными соединениями (Archambault et al., 1996). Хелатирующие вещества главным образом выделяются через верхушку корня и апикальную зону корня, что сопровождается повышенной деятельностью аппарата Гольджи (Bennet et al., 1985c). Связывание алюминия с органическими кислотами уменьшает его фитотоксичность в ризосфере. Тип выделяемой органической кислоты зависит от вида растения: у пшеницы выделяется яблочная кислота (Basu et al., 1994; Pellet et al., 1996), у гречихи – щавелевая (Zheng et al., 2000), у кукурузы и сои – лимонная кислота (Pellet et al., 1995; Yang et al., 2000). Эффективность хелатирования может снижаться из-за деятельности некоторых видов микроорганизмов, способных разлагать хелаты. Поэтому растениям необходимо постоянно восстанавливать уровень хелатов в окружающей среде. Связывание алюминия в зоне корневых волосков является главным механизмом алюмотолерантности.

Уровень рН почвы влияет на растворимость многочисленных металлов и алюминия (Mugwira et al., 1977; Foy et al., 1982). Растения, способные поддерживать высокий уровень рН в ризосфере, различаются по устойчивости к высоким концентрациям токсичных ионов. Отмечается положительная корреляция между алюмоустойчивостью и увеличением рН в зоне корней (Wagatsuma et al., 1985; Teylor, 1987; 1988).

Среди экзогенных механизмов устойчивости растений к токсичным ионам металлов важную роль играют некоторые почвенные микроорганизмы. Грибы *Ectotrophic mycorrhizae* увеличивают устойчивость растения-хозяина и связывают металлы в оболочках клеток, сокращая их концентрацию в слое почвы, окружающем корень растения-хозяина (Kottke, 1992). В результате, проницаемость металлических ионов и их транспорт в надземные органы растения уменьшается. Важная роль этих грибов была частично установлена у некоторых видов, произрастающих на кислых тропических почвах, обедненных фосфором (Howeler et al., 1987; Sieverding, 1991).

Эндогенные механизмы устойчивости растений к высоким концентрациям ионов тяжелых металлов и алюминия начинают действовать при поступлении их в клетки. В их основе лежит формирование комплексов металлов и белков, пептидов и органических кислот, накопление их в вакуолях.

Комплексы органических кислот с алюминием накапливаются в органеллах клетки и представляют важный эндогенный механизм устойчивости к высоким концентрациям алюминия. Они прежде всего образуются с лимонной и яблочной кислотами и накапливаются в вакуолях. Перемещение алюминия и его комплексов в вакуоли выполняется ферментом тонопласт-трансфераза. У толерантных растений алюминий связывается с полисахаридами, и они накапливаются в вакуолях (Bennet et al., 1985a).

В детоксикации тяжелых металлов и алюминия участвуют специфические белки цитоплазмы клеток растения, называемые металлотионеинами. Металлотионеины – цитоплазматические белки, синтез которых вызван присутствием тяжелых металлов Zn, Cd, Cu, Hg и Ag. Они состоят из цепочки аминокислот, содержащих

цистеин, серин, лизин и аргинин. Металлотионеины расположены в эукариотических клетках и в меньшей степени их содержат клетки прокариотов. Металлотионеины – первичные продукты гена (Maroni, 1989). Их уровни в клетках уменьшаются только при очень высоких концентрациях ионов металлов. Фермент тонопласт-трансфераза также участвует в транспорте металлических комплексов с металлотионеинами к вакуолям (Aniol, 1984). Помимо металлотионеинов, клетки содержат и другие подобные белки, которые в литературе названы «металлотионеинподобные белки», различающиеся по аминокислотному составу (Robinson et al., 1986).

Детоксикация алюминия в цитоплазме клеток растений состоит в образовании комплексных соединений со специфическим белком низкой молекулярной массы, содержащим ион кальция – калмодулином (Cheung, 1982; Zhang et al., 2016). У алюмотолерантных генотипов калмодулин содержится в больших количествах, чем у чувствительных. Экспрессия калмодулина повышает устойчивость к стрессу, включая устойчивость к соли, жаре, холоду, засухе и патогенам (Zhang et al., 2016).

При высоких концентрациях алюминия толерантные растения способны использовать различные изоформы ферментов типа НАД-киназы (Ślaski, 1989). При уменьшении вредного действия ионов алюминия снижается и активность ферментов у толерантного генотипа. Изучение роли фитогормонов в устойчивости растений к токсическому действию ионов алюминия показало, что в чувствительном генотипе синтез и активность абсцизовой кислоты увеличивается по сравнению с толерантным (Foy, 1988).

У различных видов растений устойчивость к токсичным концентрациям ионов алюминия связана с накоплением их в корнях (Rauser et al., 1995). Большинство сортов пшеницы, особенно устойчивых к Al-стрессу, накапливают значительное количество алюминия в корне, чем в ростке (Jelić, 1996). Виды растений, устойчивые к избыточному количеству алюминия, имеют среднюю или низкую усвояемость этого элемента. Кальций играет важную роль в предотвращении накопления алюминия. В основе механизма лежит антагонизм между кальцием и алюминием. Ионы Ca^{2+} образуют комплексы на поверхности мембран и закрывают каналы для поступления катионов алюминия (Bennet et al., 1985b; Huang et al., 1996). Образование алюмофосфатов на поверхности корня и во внутренних структурах клетки связано с толерантностью растений к алюминию (Jelić, 1996). Толерантность растений пшеницы увеличивается с применением фосфорных удобрений.

Устойчивость растений к алюминию зависит также от типа почвы, на которой они произрастают. Сравнительное изучение канадских и бразильских сортов пшеницы показало высокий уровень устойчивости к токсичным ионам алюминия бразильских пшениц, что связано с физико-химическими особенностями почв этих районов. Наиболее устойчивыми были сорта, созданные на основе бразильских и мексиканских сортов (Zale et al., 1988).

Стрессовое воздействие на растение выявляет неспецифическую реакцию организма: снижение метаболической активности и понижение его чувствительности к другим неблагоприятным факторам среды (Udovenko, 1995). В связи с этим отмечено явление сопряженной устойчивости (Genkel, 1967). Оно выражается в том, что если организм прошел закалку к одному виду стресса, то он будет более устойчив и к другим видам экстремальных факторов.

Генетический контроль алюмотолерантности изучен для ограниченного числа видов – в основном представляющих агрономический интерес. Исследования указывают на различное число генов, контролирующих собственно устойчивость растений к ионам алюминия, от одного до нескольких доминантных генов, либо единичными доминантными генами, имеющими множественные аллели. Возможно, устойчивость к алюминию является комплексным признаком, который

контролируется несколькими доминантными генами, генами-модификаторами и, возможно, генами-супрессорами, подавляющими гены устойчивости к алюминию (Aniol, 1990; Foy, 1996).

Физиологические механизмы толерантности к алюминию также контролируются генетически. Изучение генов, контролирующих мембранный транспорт токсических веществ в растении, является одним из современных направлений исследования.

С использованием молекулярно-генетических методов у различных видов злаков были выделены гены, ответственные за транспорт цитратов и малатов в растении: рожь – *ScALMT1-M39.1* и *ScALMT1-M39.2* (Collins et al., 2008), рис – *OsCSI* (Han et al., 2009), *OsFRDL1* (Yokosho et al., 2009), кукуруза – *ZmALMT2* и *ZmASL* (Krill et al., 2010), сорго – *SbMATE* (Maron et al., 2010), пшеница – *ALMT1* (Famoso et al., 2010), ячмень – *HvMATE* (Wang et al., 2007). Высказывается мнение, что в устойчивости к токсичным ионам алюминия участвуют гены других семейств, например, ALMT, ASR и ABC (Sade et al., 2016).

Результаты исследований указывают на сложность физиологических процессов устойчивости растений к ионной токсичности. Существуют и другие эффективные механизмы толерантности. Установлено, что каждый механизм обусловлен экспрессией определенных генов или является результатом работы системы генов или их взаимодействием. Дальнейшее, более глубокое изучение этих механизмов и познание их генетического контроля позволит создать сорта, высоко адаптированные к токсичным концентрациям ионов металлов.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0005 «Идентификация и картирование генофонда важнейших сельскохозяйственных культур, формирование генетических коллекций с ценными для селекции аллелями генов и локусами количественных признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710366-3.

References/Литература

- Alam S. M. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of barley // Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 1981, vol. 12, pp. 121–138.
- Alam S. M. Effect of aluminum on the dry matter and mineral content of rice // J. Sci. Tech., 1983, vol. 7, no. 1/2, pp. 1–3.
- Амосова Н. В., Николаева О. Н., Сынзыныс Б. И. Механизмы алюмотолерантности у культурных растений // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, 2007, vol. 1, pp. 36–42 [in Russian] (Амосова П. В., Николаева О. Н., Сынзыныс Б. И. Механизмы алюмотолерантности у культурных растений // Сельскохозяйственная биология. 2007. Т. 1. С 36–42).
- Аминова О. С. Фотосинтетический аппарат яровой мягкой пшеницы в условиях стресса, обусловленного ионами алюминия // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2016, pp. 9–12 [in Russian] (Аминова О. С. Фотосинтетический аппарат яровой мягкой пшеницы в условиях стресса, обусловленного ионами алюминия // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2016. С. 9–12).
- Aniol A. Induction of aluminum tolerance in wheat seedlings by low doses of aluminum in nutrient solution // Plant Physiol., 1984, vol. 75, pp. 551–555.
- Aniol A. Aluminium uptake by roots of rye seedlings of differing tolerance to aluminium toxicity // Euphytica, 1996, vol. 92, no. 1/2, pp. 155–162.
- Archambault D. J., Zhang G., Taylor G. J. Accumulation of Al in root mucilage of an Al-resistant cultivar of wheat // Plant Physiol., 1996, vol. 112, pp. 1471–1478.
- Авдонин Н. С. Повышение плодородия кислых почв. М.: Колос, 1969. 303 с. [in Russian] (Авдонин Н. С. Повышение плодородия кислых почв. М.: Колос, 1969. 303 с.).
- Baker A. J. M., Walker P. L. Physiological responses of plants to heavy metals and the quantification of tolerance and toxicity // Chem. Speciation Bioavail., 1989, vol. 1, pp. 7–17.
- Barlett R., Riego D. C. Toxicity of hydroxy aluminium in relation to pH and phosphorus // Soil Sci., 1972, vol. 114, no. 3, pp. 194–200.

- Basu A., Basu U., Taylor G. J. Induction of microsomal membrane proteins in roots of an aluminium-resistant cultivar of *Triticum aestivum* L. under conditions of aluminium stress // *Plant Physiol.*, 1994, vol. 104, pp. 1007–1013.
- Bennet R. J., Breen C. M., Fey M. V. The primary site of aluminum injury in the root of *Zea mays* L. // *South Afr. J. Plant Soil.*, 1985a, vol. 2, pp. 8–17.
- Bennet R. J., Breen C. M., Fey M. V. Aluminium uptake sites in the primary roots of *Zea mays* L. // *South Afr. J. Plant Soil.*, 1985b, vol. 2, pp. 1–7.
- Bennet R. J., Breen C. M., Bandy V. Aluminium toxicity and regeneration of the root cap. Preliminary evidence for a Golgi apparatus-derived morphogen in the primary root of *Zea mays* // *South Afr. J. Bot.*, 1985c, vol. 51, pp. 363–370.
- Berezovskiy K. K., Klimashevskiy E. L. О влиянии подвижного алюминия на ассимиляцию неорганического азота корнями гороха // In : *Сорт и удобрение*. Irkutsk, 1974, pp. 225–235 [in Russian] (Березовский К. К., Климашевский Э. Л. О влиянии подвижного алюминия на ассимиляцию неорганического азота корнями гороха // В кн. : Сорт и удобрение. Иркутск, 1974. С. 225–235).
- Bernathskaya M. L. Genotipicheskaya spetsifika fosfornogo obmena rasteniy gorokha v svyazi s toksichnostyu aluminiya : avtoref. diss. ... kand. boil. nauk. Moscow : MGU, 1974, 21 p. [in Russian] (Бернацкая М. Л. Генотипическая специфика фосфорного обмена растений гороха в связи с токсичностью алюминия : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. : МГУ, 1974. 21 с.).
- Bernathskaya M. L., Klimashevskiy E. L., Shmulevskaya T. A. Vliyanie Al na dykhanie i aktivnost poverkhnostnykh fosfataz rasteniy rastushchey chasti korney gorokha // *Fiziol. i biokhim. kult. rast.*, 1976, vol. 8, no. 1, p. 25. [in Russian] (Бернацкая М. Л., Климашевский Э. Л., Шмулевская Т. А. Влияние Al на дыхание и активность поверхностных фосфатаз растений растущей части корней гороха // Физиол. и биохим. культ. раст. 1976. Т. 8. № 1. С. 25).
- Bláha L., Janáček J., Opatrná J. Evaluation of wheat cultivars root traits at standard pH (6,5) and low pH (4,5) and higher concentration of aluminium ions // *Biol. plant.*, 1994, vol. 36, p. 186.
- Bojórquez-Quintal J. E. A., Escalante-Magaña C., Echevarria-Machado I., Martinez-Estévez M. Aluminum, a friend or of higher plants in acid soils // *Front Plant Sci.*, 2017, vol. 8. DOI: 10/3389/fpls/2017.01767.
- Bose J., Babourina O., Rengel Z. Role of magnesium in alleviation of aluminium toxicity in plants // *J. Exp. Bot.*, 2011, vol. 62, pp. 2251–2264. DOI: 10.1093/jxb/erq456.
- Bose J., Babourina O., Shabala S., Rengel, Z. Low-pH and aluminum resistance in *Arabidopsis* correlates with high cytosolic magnesium content and increased magnesium uptake by plant roots // *Plant Cell Physiol.*, 2013, vol. 54, pp. 1093–1104. DOI: 10.1093/pcp/pct064.
- Camargo C. E. O. Influence of calcium levels combined with salt concentrations on the tolerance of wheat to aluminum toxicity in nutrient solution // *Bragantia*, 1985, vol. 44, no. 2, pp. 659–668.
- Cambraia J., Pires D. L. F. J., Esteveao M. D. M., Oliva M. A. Effects of aluminum on the levels of magnesium, iron, manganese and cooper in sorghum // *Rev. Ceres.*, 1983, vol. 39, no. 167, pp. 45–54.
- Canal I. N., Mielniczuk J. Potassium absorption parameters in corn plants (*Zea mays* L.) as affected by aluminum-calcium interaction // *Cienc. Cult. (São Paulo)*, 1983, vol. 35, no. 3, pp. 336–340.
- Cartes P., Jara A. A., Pinilla L., Rosas A., Mora M. L. Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass roots // *Ann. Appl. Biol.*, 2010, vol. 156, pp. 297–307. DOI:10.1111/j.1744-7348.2010.00387.x.
- Cartes P., McManus M., Wulff-Zottele C., Leung S., Gutiérrez-Moraga A., de la Luz Mora M. Differential superoxide dismutase expression in ryegrass cultivars in response to short term aluminum stress // *Plant and Soil.*, 2012, vol. 350, pp. 353–363.
- Černohorská J., Votrubová O., Dvořák M. The effect of aluminum on the electrometric characteristics of root tissue in three wheat cultivars // *J. Appl. Genet.*, 1997, vol. 38B, pp. 283–288.
- Chesnokova S. M., Grishina E. P. Praktikum po ekologicheskomu monitoring // Vladimir, Izd-vo Vladim. Gos. Universiteta, 2004, 144 p. [in Russian] (Чеснокова С. М., Гришина Е. П. Практикум по экологическому мониторингу. Владимир : Изд-во Владим. Гос. Университета, 2004. 144 с.).
- Cheung W. Y. Calmodulin: An overview // *Fed. Proc.*, 1982, vol. 41, pp. 2253–2257.
- Clark J. M., Leisle D., De Pauw R. M., Thiessen L. L. Registration of five pairs of durum wheat genetic stocks near-isogenic for cadmium concentration // *Crop Sci.*, 1997, vol. 37, p. 297.
- Clark R. B. Effect of aluminum on growth and mineral elements of Al-tolerant and Al-intolerant corn // *Plant Soil.*, 1977, vol. 47, pp. 653–662.
- Clarkson D. T. The effect of aluminium and other trivalent metal cations on cell division in apices of *Allium cepa* // *II Ann. bot.*, 1965, vol. 29, no. 5, pp. 309–315.
- Clarkson D. T. Effect of aluminium on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings // *Plant Physiol.*, 1966, vol. 41, no. 1, pp. 165–172.
- Clarkson D. T. Interaction between Al and phosphorus on root surface and cell wall material // *Plant and Soil.*, 1967, vol. 22, no. 3, pp. 347–356.

- Clarkson D. T., Sanderson J. Inhibition of the uptake and long distance transport of Ca by Al and other polyvalent cations // J. Exp. Bot., 1971, vol. 22, no. 75, pp. 837–851.
- Collins N. C., Shirley N. J., Saeed M., Pallotta M., Gustafson J. P. An ALMT1 gene cluster controlling aluminum tolerance at Alt4 locus of rye (*Secale cereale* L.) // Genetics, 2008, vol. 179, no. 1, pp. 669–682. DOI: 10.1534/genetics.107.083451.
- Delhaize E., Ryan P. R., Rendall P. J. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) II. Aluminum-stimulated excretion of malic acid from root apices // Plant Physiol., 1993, vol. 103, no. 2, pp. 695–702.
- Ekologo-ekonomicheskie osnovy i rekomendatsii po izvestkovaniyu, adaptirovannye k konkretnym pochvennym usloviyam // Pod. red. A. N. Nebolisina, V. G. Sycheva. Moscow : Izd-vo TsINAО, 2000, 80 p. [in Russian] (Эколого-экономические основы и рекомендации по известкованию, адаптированные к конкретным почвенным условиям // Под ред. А. Н. Небольсина, В. Г. Сычева. М. : Изд-во ЦИНАО, 2000. 80 с.).
- Ellenberg H. I. Mineralstoffe für die pflanzliche Besiedlung des Bodens. A. Bodenreaktion (einschließlich Kalkfrage) // Hdb. Pfl. Physiol., 1958, no. 4, pp. 638–709.
- Ernst W. H. O. Schwermetallpflanzen // In : Kinzel, H. (Ed) Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. Ulmer, Stuttgart., 1982, pp. 472–506.
- Fagra N. R. Differential tolerance of rice cultivars to aluminum in nutrient solution // Pesq. Agropecu. Bras., 1982, vol. 17, no. 1, pp. 1–9.
- Famoso A., Clark R. T., Shaff J. E., Craft E., McCouch S. R., Kochian L. V. Development of a novel aluminum tolerance phenotyping platform used for comparisons of cereal aluminum tolerance and investigations into rice aluminum tolerance mechanisms // Plant. Physiol., 2010, vol. 153, no. 4, pp. 1678–1691. DOI: 10.1104/pp.110.156794.
- Fiziologicheskie osnovy selektsii rasteniy // Ed. G. V. Udovenko, V. S. Shevelukhi. St. Petersburg : VIR, 1995, vol. II, ch. I, 293 p. [in Russian] (Физиологические основы селекции растений / Под ред. Г. В. Удовенко, В. С. Шevelухи. СПб. : ВИР, 1995. Т. II, ч. I. 293 с.).
- Foy C. D. Response of cotton varieties to stress factors on acid soil // Abstr. Cotton Improvement Conf. Dallas, Texas. 1974, p. 23.
- Foy C. D. Physiological effects of hydrogen, aluminum and manganese toxicities in acid soils // Agronomy Monogr., 1984, vol. 12, pp. 57–97.
- Foy C. D. Plant adaptation to acid, aluminum-toxic soils // Comm. Soil Sci. Plant Anal., 1988, vol. 19, pp. 959–987.
- Foy C. D. Tolerance of barley cultivars to an acid, aluminum-toxic subsoil related to mineral element concentration in their shoots // J. Plant Nutr., 1996, vol. 19, pp. 1361–1380.
- Foy C. D., Armiger W. H., Fleming A. L., Zaunmayer W. J. Differential tolerance of dry bean, snapbean and lima bean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum // Agr. J., 1967, vol. 59, pp. 561–563.
- Foy C. D., Fleming A. L. The physiology of plant tolerance of excess available aluminum and manganese in acid soils // In : G.A. Jung (Ed) Crop tolerance to suboptimal land conditions, 1978, pp. 301–328.
- Foy C. D., Fleming A. L. Aluminum tolerances of two wheat genotypes related to nitrate reductase activities // J. Plant Nutr., 1982, vol. 5, pp. 1313–1333.
- Furlani P. R., Clark R. B. Screening sorghum for aluminum tolerance in nutrient solutions // Agron. J., 1981, vol. 73, pp. 587–594.
- Ganzha B. A. К вопросу о действии Al-ионов и H-ионов на растения на подзолистой почве // Pochvovedenie, 1941, no. 1, pp. 22–39 [in Russian] (Ганжа Б. А. К вопросу о действии Al-ионов и H-ионов на растения на подзолистой почве // Почвоведение. 1941. № 1. С. 22–39).
- Genkel P. A. Fiziologiya ustoychivosti rastitelinykh organizmov // Fiziol. s-kh. rast., 1976, vol. 3, pp. 87–265 [in Russian] (Генкель П. А. Физиология устойчивости растительных организмов // Физиол. с.-х. раст. 1976. Т. 3. С. 87–265).
- Gersht A. N., Kreyer K. G., Bittutskiy L. I. et al. Dykhatelynyy gazoobmen yachmenya pri povyshennoy kislotnosti korneobitaemoy sredy // Tez. Dokl. Vses. Konf. “Problemy i puti povysheniya ustoychivosti rasteniy k boleznyam i ekstremalnym usloviyam sredy v svyazi s zadachami selektsii”. Leningrad, 1981, ch. I, pp. 122–123 [in Russian] (Гершт А. Н., Крейер К. Г., Битутский Л. И. и др. Дыхательный газообмен ячменя при повышенной кислотности корнеобитаемой среды // Тез. докл. Всес. конф. «Проблемы и пути повышения устойчивости растений к болезням и экстремальным условиям среды в связи с задачами селекции». Л., 1981. Ч. I. С. 122–123).
- Gerzabek M. H., Edelbauer A. Aluminum toxicity in corn (*Zea mays* L.). Influence of aluminum on the yields and the nutrient contents // Bodenkultur., 1986, vol. 37, no. 4, pp. 309–319.
- GOST 17.4.3.04-85 Okhrana prirody. Pochvy. Obshchie trbovaniya k kontrolyu i okhrane ot zagryazneniya // Moscow : Standartinform, 2008, 4p. [in Russian] (ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения // М. : Стандартиформ, 2008. 4 с.).
- Guerrier G. Relation between sorghum root system and aluminum toxicity // J. Pl. Nutr., 1982, vol. 5, no. 2, pp. 123–136.

- Han Y., Zhang W., Zhang B., Wang W., Ming F. One novel mitochondrial citrate syntase from *Oryza sativa* L. can enhance aluminum tolerance in transgenic tobacco // Mol. Biotechnol., 2009, vol. 42, no. 3, pp. 299–305. DOI: 10.1007/s12033-009-9162-z.
- Hartwell B. L., Pember F. R. The presence of aluminum as a reason for the difference in the effect of so-called acid soil on barley and rye // Soil Sci., 1918, vol. 6, pp. 259–281.
- Haug A., Shi B. Biochemical basis of aluminum tolerance in plant cells // In : R. J. Wright, V. C. Baligar, R. P. Murrmann (Eds). Plant-soil interactions at low pH. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1991, pp. 839–850.
- Helyar K. R. Effects of aluminum and manganese toxicity on legume growth // In : C. S. Andrew et E. J. Kamprath (Eds.) Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. CSIRO, Melbourne, Australia. 1978, pp. 207–231.
- Horst W. J., Wagner A., Marschner H. Mucilage protects root meristems from aluminium injury // Z. Pflanzenphysiol., 1982, vol. 105, pp. 435–444.
- Horst W. J., Wagner A., Marschner H. Effect of aluminum on growth, cell-division rate and mineral element contents in roots of *Vigna unguiculata* genotypes // Z. Pflanzenphysiol., 1983, vol. 109, pp. 95–103.
- Horst W. J., Göppel H. Aluminum – Toleranz von Ackerbohne (*Vicia faba*), Lupine (*Lupinus luteus*), Gerste (*Hordeum vulgare*) und Roggen (*Secale cereale*) // Z. Pflanzenernähr., 1986, vol. 149, pp. 94–109.
- Howeler R. H., Cadavid L. F. Screening of rice cultivars for tolerance to Al toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method // Agron. J., 1976, vol. 68, pp. 551–555.
- Howeler R. H., Sieverding E., Saif S. Practical aspects of micorrhizal technology in some tropical crops and pastures // Plant Soil., 1987, vol. 100, pp. 249–283.
- Hu Z., Cools T., De Veylder L. Mechanisms used by plants to cope with DNA damage // Annu. Rev. Plant Biol., 2016, vol. 67, pp. 439–462. DOI: 10.1146/annurev-arplant-043015-111902.
- Huang J. W., Pellet D. M., Papernik L. A., Kochian L. V. Aluminium interactions with voltage-dependent calcium transport in plasma membrane vesicles isolated from roots of aluminium-sensitive and tolerant wheat cultivars // Plant Physiol., 1996, vol. 110, pp. 561–569.
- Huet D. O., Menary R. C. Aluminum uptake by excised roots of cabbage, lettuce and kikuyu grass // Austral. J. Pl. Physiol., 1979, vol. 6, pp. 643–653.
- Ito D., Shinkai Y., Kato Y., Kondo T., Yoshida K. Chemical studies on different color development in blue- and red-colored sepal cells of *Hydrangea macrophylla* // Biosci. Biotechnol. Biochem., 2009, vol. 73, pp. 1054–1059. DOI: 10.1271/bbb.80831.
- Jackson W. A. Physiological effects of soil acidity // Agronomy, 1967, vol. 12, pp. 43–124.
- Jelić M. The investigation of mineral nutrition of winter wheat growing in smonitza in degradation // PhD thesis. Agricultural faculty Zernun., 1996, pp. 1–121.
- Karmanenko N. M. Response to low temperature, soil acidification and aluminium in the varieties of cereal crops // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, 2014, no. 5, pp. 66–77. DOI: 10.15389/agrobiology.2014.5.66rus [in Russian] (Карманенко Н. М. Сортовая реакция зерновых культур на низкие температуры, условия закисления и ионы алюминия // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 5. С. 66–77. DOI: 10.15389/agrobiology.2014.5.66rus.).
- Keltjens W. G. Short-term effects of Al on nutrient uptake, H⁺ efflux, root respiration and nitrate reductase activity of two sorghum genotypes differing in Al-susceptibility // Commun. Soil Sci. and Plant Anal., 1988, vol. 19, no. 7-12, pp. 1155–1163.
- Kerridge P. C., Dawson D. M., Moore D. P. Separation of degrees of aluminum tolerance in wheat // Agron. J., 1971, vol. 63, pp. 586–591.
- Klimashevskiy E. L. Problema genotipicheskoy spetsifiki kornevogo pitaniya rasteniy // In : Sort i udobrenie. Irkutsk, 1974, pp. 11–53 [in Russian] (Климашевский Э. Л. Проблема генотипической специфики корневого питания растений // В кн.: Сорт и удобрение. Иркутск, 1974. С. 11–53).
- Klimashevskiy E. L. Ustoychivosti rasteniy k kislotnosti sredy i khimicheskaya melioratsiya pochv // Dokl. VASChNIL, 1982, no. 10, pp. 28–34 [in Russian] (Климашевский Э. Л. Устойчивость растений к кислотности среды и химическая мелиорация почв // Докл. ВАСХНИЛ. 1982. № 10. С. 28–34).
- Klimashevskiy E. L. Otsenka kislotoustoychivosti rasteniy // Diagnostika ustoychivosti rasteniy k stressovym vozdeystviyam. Metodicheskoe rukovodstvo // Leningrad : VIR, 1988, pp. 97–100 [in Russian] (Климашевский Э. Л. Оценка кислотоустойчивости растений // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л. : ВИР, 1988. С. 97–100).
- Klimashevskiy E. L. Geneticheskiy aspekt mineralinogo pitaniya rasteniy // Moscow : Agropromizdat, 1991, 415 p. [in Russian] (Климашевский Э. Л. Генетический аспект минерального питания растений // М. : Агропромиздат, 1991. 415 с.).
- Klimashevskiy E. L. Fiziologo-geneticheskie osnovy agrokhimicheskoy effektivnosti rasteniy // In : Fiziologicheskie osnovy agrokhimicheskoy effektivnosti rasteniy. SPb : VIR, 1995, vol. 2, ch. 1, pp. 97–157 [in Russian] (Климашевский Э. Л. Физиолого-генетические основы агрохимической

- эффективности растений // В кн. : Физиологические основы селекции растений. СПб. : ВИР, 1995. Т. 2, ч. 1. С. 97–157).
- Klimashevskiy E. L., Markova Yu. A., Malysheva A. S.* Genotipicheskaya spetsifika pogloshcheniya I lokalizatsii Al-ionov rasteniyami gorokha // Dokl. AN SSSR, 1972, vol. 203, pp. 711–713 [in Russian] (*Климашевский Э. Л., Маркова Ю. А., Мальшева А. С.* Генотипическая специфика поглощения и локализации Al-ионов растениями гороха // Докл. АН СССР. 1972. Т. 203. С. 711–713).
- Klimashevskiy E. L., Markova Yu. A., Lebedeva I. S.* Vzaimodeystvie Al I P na poverkhnosti korney I v kletochnykh stenkakh // Dokl. VASKHNIL, 1978, no. 8, pp. 6–10 [in Russian] (*Климашевский Э. Л., Макарова Ю. А., Лебедева И. С.* Взаимодействие Al и P на поверхности корней и в клеточных стенках // Докл. ВАСХНИЛ. 1978, № 8. С. 6–10).
- Kochian L. V., Hoekenga O. A., Pineros M. A.* How do crop plants tolerate acid soils?-mechanisms of aluminium tolerance and phosphorous efficiency // Annu. Rev. Plant Biol., 2004, vol. 55, pp. 459–493. DOI: 10.1146/annurev.arplant.55.031903.141655.
- Kopitke P. M., Moor K. L., Lombi E., Gianoncelli A., Ferguson B. J., Blamey F. P. C.* et all. Identification of the primary lesion of toxic aluminum in plant roots // Plant Physiol., 2015, vol. 167, pp. 1402–1411. DOI: 10.1104/pp.114.253229.
- Kottke I.* Ectomycorrhizas – organs for uptake and filtering of cations // In : D. J. Read, D. H. Lewis, A. H. Fitter, I. J. Alexander (Eds) Mycorrhizas in Ecosystems. CAB International, Wallingford, UK, 1992, pp. 316–322.
- Kovačević G., Kastiri R., Merkulov Lj.* Effect of excess heavy metal concentrations on leaf anatomy of wheat plants // The 11th Congress of FESPP, Varna, Bulgaria. 1998, pp. 271.
- Koyama H., Toda T., Yokota S.* et all. Effects of aluminium and pH on root growth and cell viability in Arabidopsis thaliana strain landsberg in hydroponic culture // Plant Cell. Physiol., 1995, vol. 36, pp. 201–205.
- Krill A., Kirst M., Kochian L. V., Bukler E. S., Hoekenga O. A.* Association and linkage analysis of aluminum tolerance genes in maize // PLoS One, 2010, vol. 5, no. 4. p. 9958. DOI: 10.1371/journal.pone.0009958.
- Kumar Roy A., Sharma A., Talukder G.* Some aspects of aluminum toxicity in plants // The Bot. Rev., 1988, vol. 54, pp. 145–178.
- Larcher W.* Physiological Plant Ecology // Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg. 1995, pp. 136–138.
- Maron L. G., Pineros M. A., Gumaraes C. T., Magalhaes J. V., Pleiman J., Mao C., Shaff J., Belicuas S. N., Kochian L. V.* Two functionally distinct members of the MATE (multi-drug and toxic compound extrusion) family of transporters potentially underlie two major aluminum tolerance QTLs in maize // Plant. J., 2010, vol. 61, no. 5, pp. 728–740. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2009.04103.x.
- Maroni G.* Animal metallothionein // In : A. J. Shaw (Ed) Heavy metal tolerance in plants. CRS Press Boca Raton, FL., 1989, pp. 216–229.
- Mathan K. K.* Effect of various levels of aluminum on the dry matter yield, content and uptake of phosphorus, aluminum, manganese, magnesium and iron in maize // Madras Agric. J., 1980, vol. 67, no. 11, pp. 751–757.
- Matsumoto H., Moromura S., Hirasava E.* Localization of absorbed aluminum in plant tissues and its toxicity studies the inhibition of pea root elongation // In : K. Kudrev et al. (eds) Mineral nutrition of plant, 1979, vol. 1, pp. 171–94.
- McLean F. T., Gilbert B. E.* The relative aluminum tolerance of cropplants // Soil Sci., 1927, vol. 24, pp. 163–175.
- Mesenco M. M.* The specific «acid growth» in roots and reaction on soe stress factor // Symp. Plant under Enviromental Stress. Internat. Symp. Moskov K. A. Timiryazev Instit. of Plant Physiol., 2001, p. 173.
- Miyazawa A. N., Maeda N., Kitazawa A.* Aluminium toxicity on the growth of rice plants // Miyagi-Ken Nogyo Senta Kenkyu Hokoku., 1981, vol. 48, pp. 43–58.
- Morimura S., Tarahashi E., Matsumoto H.* Association of aluminium with nuclei and inhibition of cell division in onion (*Alliums cepa*) roots // Z. Pflanzenphysiol., 1978, vol. 88, pp. 395–401.
- Mugiwara L., Floyd M., Patel S. V.* Tolerances of triticale lines to manganese in soil and nutrient solution // Agron. J., 1981, vol. 73, pp. 319–322.
- Mugwira L. M., Patel S. U.* Root zone pH changes and ion uptake imbalances by triticale, wheat and rye // Agron. J., 1977, vol. 69, pp. 719–722.
- Naidoo G., McD Stewart J., Lewi R. J.* Accumulation sites of Al in snapbean and cotton roots // Agron. J., 1978, vol. 70, pp. 489–492.
- Nebolisin A. N., Nebolisina Z. P.* Dinamika kislotnosti dernovo-podzolistoy pochvy za 20-letniy period // Byul. VIUA, 1985, no. 72, pp. 36–39 [in Russian] (*Небольсин А. Н., Небольсина З. П.* Динамика кислотности дерново-подзолистой почвы за 20-летний период // Бюл. ВИУА. 1985. № 72. С. 36–39).
- Nogueirol R. C., Monteiro F. A., Azevedo R. A.* Tropical soils cultivated with tomato: fractionation and speciation of Al // Environ. Monit. Assess., 2015, vol. 187, p. 160. DOI: 10.1007/s10661-015-4366-0.
- Ohki S.* Interaction forces underlying membrane-fusion // Biophys. J., 1986, vol. 49, no. 2, pp. 16–18.

- Ohman L. O.* Equilibrium and structural studies of silicon (IV) and aluminum (III) in aqueous solutions // *Plant Cell Environ.*, 1988, vol. II, pp. 711–714.
- Palaveev T., Totev T.* Kislotsnosti pochv I metody ee ustraneniya // Moscow : Kolos, 1983, 165 p. [in Russian] (*Палавеев Т., Томев Т.* Кислотность почв и методы ее устранения // М. : Колос, 1983. 165 с.).
- Palival K., Sivaguru M.* Indirect effects of aluminum on the reflectance properties of rice cultivars differing in aluminum tolerance // *J. Plant Nutr.*, 1994, vol. 17, no. 6, pp. 883–897.
- Pellet D. M., Grunes D. L., Kochian L. V.* Organic acid exudation as an aluminium-tolerance mechanism in wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Planta*, 1995, vol. 196, pp. 788–795.
- Pellet D. M., Papernik L. A., Kochian L. V.* Multiple aluminium-resistance mechanism in wheat // *Plant Physiol.*, 1996, vol. 112, pp. 591–597.
- Pilon-Smits E. A. H., Quinn C. F., Tapken W., Malagoli M., Schiavon M.* Physiological functions of beneficial elements // *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2009, vol. 12, pp. 267–274. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.04.009.
- Poukhalskaya N. V.* Problem questions of aluminium toxicity // *Agrochemistry*. 2005, № 8, p.70-82 [in Russian] (*Пухальская Н. В.* Проблемные вопросы алюминиевой токсичности // *Агрохимия*. 2005. № 8. С. 70–82).
- Rausser W. E., Meuwly P.* Retention of cadmium in roots of maize seedlings // *Plant Physiol.*, 1995, vol. 109, pp. 195–202.
- Robinson N. J., Jackson P. J.* "Metallothionein-like" metal complexes in angiosperms; their structure and function // *Physiol. Plant.*, 1986, vol. 67, pp. 499–506.
- Sade H., Meriga B., Surapu V., Gadi J., Sunita M. S., Suravajhala P., Kavi Kishor P. B.* Toxicity and tolerance of aluminum in plants: tailoring plants to suit to acid soils <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26796895> // *Biometals.*, 2016, vol. 29, no. 2, pp. 187–210. DOI: 10.1007/s10534-016-9910-z.
- Samofalova I. A.* Khimicheskiy sostav pochv I pochvoobrazuyushchikh porod // Permy : Izd-vo FGOU VPO "Permskaya GSKhA", 2009, 132 p. [in Russian] (*Самофалова И. А.* Химический состав почв и почвообразующих пород // Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. 132 с.).
- Sampson M., Clarkson D. T., Davies D.* DNA synthesis in aluminium treated roots of barley // *Science*, 1965, vol. 148, pp. 1476–1477.
- Sarkunan V., Biddappa C. C., Nayak S. K.* Physiology of Al toxicity in rice // *Curr. Sci.*, 1984, vol. 53, no. 15, pp. 822–824.
- Schaeffer H. J., Walton J. D.* Aluminium ions induce oat protoplasts to produce an extracellular (1-3) β -D glucon // *Plant Physiol.*, 1990, vol. 94, pp. 13–19.
- Schmitt M., Boras S., Tjoa A., Watanabe T., Jansen S.* Aluminium accumulation and intra-tree distribution patterns in three arbor aluminosa (*Symplocos*) species from Central Sulawesi. // *PLOS ONE*, 2016, 11:e0149078. DOI: 10.1371/journal.pone.0149078.
- Sharma A., Talukder G.* Effects of metals on chromosomes of higher organisms // *Environ. Mutagenesis*, 1987, vol. 9, no. 2, pp. 191–226.
- Shen X., Xiao X., Dong Z., Chen Y.* Silicon effects on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of peanut under aluminum stress // *Acta Physiol. Plant.*, 2014, vol. 36, pp. 3063–3069. DOI: 10.1007/s11738-014-1676-8.
- Shugaley I. V., Garabadgiu A. V., Ilyushin M. A., Sudarikov A. M.* Nekotorye aspekty vliyaniya alyuminiya I ego soedineniy na zhivye organizmy // *Ekologicheskaya khimiya*, 2012, vol. 21, no. 3, pp 172–186 [in Russian] (*Шугалей И. В., Гарабаджиу А. В., Илюшин М. А., Сударикив А. М.* Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы // *Экологическая химия*, 2012. Т. 21, № 3. С. 172–186).
- Sieverding E.* Vesicular-arbuscular mycorrhizae management in tropical agrosystems // *Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ)*, Germany, 1991, 371 p.
- Singh K., Yoshimura E., Bughio N.* et all. Complexing ability of organic acids with aluminium in acidic soils // *Pros. of the XIII Intern. Plant Nutr. Colloq.* 13-19 September. Tokyo. Japan., 1997, pp. 447–448.
- Ślaski J. J.* Effect of aluminium on calmodulin-dependent and calmodulin-independent NAD kinase activity in wheat root tips // *J. Plant Physiol.*, 1989, vol. 133, pp. 696–701.
- Sokolova T. A., Tolpeshta I. I., Trofimov S. Ya.* Pochvennaya kislotsnosti. Kislотно-osnovnaya bufernosti pochv. Soedineniya alyuminiya v tverdoy faze pochvy I v pochvennom rastvore // Tula, 2012, 124 p. [in Russian] (*Соколова Т. А., Толпешта И. И., Трофимов С. Я.* Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе // Тула, 2012. 124 с.).
- Steffens J. C.* Heavy metal stress and the phytochelatin response // In : *Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms*, Wiley-Liss., 1990, pp. 377–394.
- Tamas L., Huttova J., Hajasova L., Mistrik I.* The effect of polypeptide pattern of cell wall proteins isolated from the roots of Al-sensitive and Al-resistant barley cultivars // *Acta Physiol. Plantarum*, 2001, vol. 23, no. 2, pp. 161–168.

- Tanaka A., Tanado T., Yamamoto K., Kanamura N. Comparison of toxicity to plants among Al³⁺, AlSO₄⁺, Al-F complex ions // *Soil Sci. and Plant Nutr.*, 1987, vol. 33, no. 1, pp. 43–55.
- Taylor G. J. The physiology of aluminum tolerance // In : H. Singel (Ed) *Metal ions in biological systems. Aluminum and its role in biology.* Marcel-Dekker. New York, 1987, vol. 24, pp. 165–198.
- Taylor G. J. The physiology of aluminum tolerance in higher plants // *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 1988, vol. 19, pp. 1179–1194.
- Taylor G. J., Foy C. D. Mechanisms of aluminum tolerance in *Triticum aestivum* L. (wheat). 1. Differential pH induced by winter cultivars in nutrient solutions // *Am. J. Bot.*, 1985, vol. 72, pp. 695–701.
- Trapp G. Studies of aluminum interaction with enzymes and proteins – The inhibition of hexokinase // *Neurotoxicology.*, 1980, vol. 1, pp. 89–100.
- Ulmer S. E. Aluminum toxicity and root DNA synthesis in wheat // Iowa State University, Ames., 1979, 128 p.
- Wacker W. E., Valle B. H. Resistance to aluminium and manganese toxicities in plants related to variety and cation-exchange capacity // *Nature*, 1959, vol. 196, no. 48/49, pp. 97–98.
- Wagatsuma T. Characterization of absorption sites for aluminium in the roots // *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1983, vol. 29, pp. 499–515.
- Wagatsuma T., Yamasaku K. Relationship between differential aluminum tolerance and plant induced pH change of medium among barley cultivars // *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1985, vol. 31, pp. 521–535.
- Wallace S H., Anderson I. C. Aluminium toxicity and DNA synthesis in wheat roots // *Agron. J.*, 1984, vol. 76, pp. 5–8.
- Wang J. P., Raman H., Zhou M. X., Ryan P. R., Delhaize E., Hebb D. M., Coombes N., Mendham N. High-resolution mapping of the Alp locus and identification of a candidate gene HvMATE controlling aluminium tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) // *Theor. Appl. Genet.*, 2007, vol. 115, no. 2, pp. 265–276. DOI: 10.1007/s00122-007-0562-9.
- Woolhouse H. W. Toxicity and tolerance in response of plants to metals // In: Lange, O. L. et al. (Ed), *Encyclopaedia of Plant Physiology. New Series.* Springer-Verlag, Berlin, 1983, vol. 12C, pp. 245–300.
- Xie C. X., Yokel R. A. Aluminium facilitation of iron-mediated lipid-peroxidation is dependent on substrate, pH and aluminium and iron concentrations // *Arch. Biochem. Biophys.*, 1996, vol. 327, no. 2, pp. 222–226.
- Yakovleva O. V., Kapeshinskiy A. M. Tolerance of barley to toxic ions of aluminium in the conditions of soil culture // *Bulletin applied botany, genetics and plant breeding*, 2011, vol. 168, pp. 54–64 [in Russian] (Яковлева О. В., Капешинский А. М. Толерантность ячменя к токсичным ионам алюминия в условиях почвенной культуры // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 2011. Т. 168. С. 54–64).
- Yakovleva O. V. Methods of study on genetic diversity of barley aluminum tolerance // *Bulletin applied botany, genetics and plant breeding*, 2012, vol. 171, pp. 117–122 [in Russian] (Яковлева О. В. Методы изучения генетического разнообразия ячменя на алюмоустойчивость // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Т. 171. СПб., 2013. С. 117–122).
- Yamamoto Y., Kobayashi Y., Devi S. R., Rikiishi S., Matsumoto H. Aluminum toxicity is associated with mitochondrial dysfunction and the production of reactive oxygen species in plant cells // *Plant Physiol.*, 2002, vol. 128, pp. 63–72. DOI:10.1104/pp.010417.
- Yang Z. M., Sivaguru M., Horst W. J., Matsumoto H. Aluminium tolerance is achieved by exudation of citric acid from roots of soybean (*Glycine max*) // *Physiol. Plant.*, 2000, vol. 110, pp. 72–77.
- Yokosho K., Yamaji N., Ueno D., Mitani N., Ma J. F. OsFRDL1 in a citrate transporter required for efficient translocation of iron in rice // *Plant. Physiol.*, 2009, vol. 149, no. 1, pp. 297–305. DOI: 10.1104/pp.108.128132.
- Zale J. M., Briggs K. G. Aluminum tolerance in canadian spring wheats // *Commun. Soil. Sci. and Plant Anal.*, 1988, vol. 19, no. 7, pp. 1259–1272.
- Zanella C. C., Zanettini M. H. B., Fernandes M. I. B., Zinn D. M. Differential effect of soil acidity and lime treatment on the chromosomes of two wheat cultivars // *Rev. Bras. Genet.*, 1991, vol. 14, no. 4, pp. 1021–1032.
- Zhang H., Jiang Z., Qin R., Zhang H., Zou J., Jiang W. et al. Accumulation and cellular toxicity of aluminum in seedling of *Pinus massoniana* // *BMC Plant Biol.*, 2014, vol. 14, pp. 264. DOI: 10.1186/s12870-014-0264-9.
- Zhang J., Liu S., Zhang L., Chen L. Effect of aluminum stress on the expression of calmodulin and role of calmodulin in aluminum tolerance // *Biosci. Bioeng.*, 2016, vol. 122, no. 5, pp. 558–562. DOI:10.1016/j.jbios.2016.04.001.
- Zheng H. L., Zhao Z. Q., Zhang C. G., Feng J. Z., Ke Z. L., Su M. J. Changes in lipid peroxidation, the redox system and ATPase activities in plasma membranes of rice seedling roots caused by lanthanum chloride // *Biometals.*, 2000, vol. 13, pp. 157–163.

ИСТОРИЯ АГРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВИР.
СЛАВНЫЕ ИМЕНА
HISTORY OF AGROBIOLOGICAL RESEARCH AND VIR.
NAMES OF RENOWN

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-332-357

УДК 57(051.2)

**Е. А. Соколова,
И. В. Котелкина**

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: i.kotielkina@vir.nw.ru

Ключевые слова:

Роберт Регель, Бюро по
прикладной ботанике,
Н. И. Вавилов, ВИР (Россия), журнал
Труды по прикладной ботанике,
генетике и селекции

Поступление:

13.09.2018

Принято:

19.09.2018

**ЖУРНАЛ «ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ»: К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ
ОСНОВАНИЯ**

Кратко представлены основные этапы вековой истории научного журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», первый номер которого вышел в свет в 1908 году. Издание журнала практически не прерывалось на протяжении 110 лет. Журнал является летописью становления и развития ВИР, берущего свое начало от Бюро по прикладной ботанике. Главными редакторами, авторами, рецензентами были выдающиеся ученые в области биологических и аграрных наук, труды которых обогатили отечественную и мировую науку.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-3-332-357

**E. A. Sokolova,
I. V. Kotelkina**

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: i.kotielkina@vir.nw.ru

Key words:

Robert Regel, Bureau of Applied
Botany, N. I. Vavilov, VIR (Russia),
Journal, *Proceedings on Applied
Botany, Genetics and Breeding*

Received:

13.09.2018

Accepted:

19.09.2018

**JOURNAL PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY,
GENETICS AND BREEDING: TO THE 110TH
ANNIVERSARY OF THE FOUNDATION**

The landmarks of the age-long history of the scientific journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding* are briefly presented. Its first issue was published in 1908. Practically, its publication has never been interrupted for the past 100 years. The journal has reflected the establishment and development of VIR from its first years of existence as the Bureau of Applied Botany. Its main editors, authors and reviewers were outstanding scientists in the sphere of biological and agricultural sciences as well as other researchers whose works have enriched the domestic and worldwide science.

27 октября 1894 года в г. Санкт-Петербурге основано Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ России (1837). «По положению, утвержденному 27 октября 1894 года, главное назначение Бюро было: 1. Исследование возделываемых растений Европейской и Азиатской России; 2. Содействие ведению новых растений в культуру; 3. Собираение сведений о вновь рекомендуемых за границей растений; 4. Изучение и описание русских культурных растений и трав. Вначале в его деятельность входило также изучение болезней возделываемых растений, впоследствии (в 1907 году) выделенное в самостоятельный Отдел Ученого комитета. Первым заведующим Бюро по прикладной ботанике был профессор А. Ф. Баталин, известный своими исследованиями возделываемых в России масличных крестоцветных, гречихи, некоторых бобовых, полбы, просовых и риса. После смерти А. Ф. Баталина, с 1 ноября 1896 года до конца 1899 года, временно исполнял обязанности заведующего Бюро директор Главного Ботанического сада, профессор А. А. Фишер-фон-Вальдгейм. 14 декабря 1899 года заведующим Бюро по прикладной ботанике был назначен член Сельскохозяйственного Ученого комитета, академик И. П. Бородин, помощником которого с 1900 года был утвержден Р. Э. Регель. 23 сентября 1904 года И. П. Бородин, ввиду чрезвычайной обремененности обязанностями, работая одновременно в Академии наук и в Лесном институте, оставил должность заведующего Бюро по прикладной ботанике, передав заведование Р. Э. Регелю. С 7 мая 1905 года заведующим был назначен Р. Э. Регель. С 1907 года деятельность отдела начинает быстро развиваться. Персонал Бюро значительно увеличился, в состав его вошли ученые специалисты: К. А. Фляксбергер, А. И. Мальцев и Н. И. Литвинов» (Vavilov, 1924, p. 21). Организация и деятельность Бюро по прикладной ботанике со времени его основания (1894) до реорганизации (1907), дальнейшее его развитие в период времени от 1907 года до 1914 года подробно изложены Р. Э. Регелем в глобальном отчете, охватывающем первое двадцатилетие существования Бюро, опубликованном в 1915 году на русском и французском языках. «Из небольшого учреждения, не имевшего ни собственного помещения, ни лаборатории, ни опытных полей энергией Р. Э. Регеля и его ближайших сотрудников Бюро сделалось центром изучения культурных растений в России, вошло в общение с различными учреждениями Западной Европы и Америки» (Vavilov, 1924, p. 21).

Прикладная ботаника стала необходимейшей отраслью во всех опытных и селекционных учреждениях России и одним из выражений развития Бюро служила его издательская деятельность. «До 1907 года (включительно) издательская деятельность Бюро не могла еще проявляться, не взирая на то, что работами того времени уже были достигнуты заслуживающие внимания результаты. До того времени отдельные статьи и работы печатались в разных повременных изданиях, а изданная по случаю Всемирной Миланской выставки отдельной брошюрой работа Р. Э. Регеля (R. Regel. Les orges cultivées de l'Empire Russe, 1906) печаталась за счет Департамента Земледелия. С реорганизацией-же Бюро в планомерно работающее научное учреждение положение дела изменилось, и уже с января 1908 года Бюро приступило к изданию своего ежемесячного научного органа «Труды Бюро по прикладной ботанике» (Regel, 1915, p. 421). «С приглашением первого научного сотрудника в Бюро (К. А. Фляксбергера), в сентябре 1907 года у Р. Э. Регеля явилась смелая мысль начать с 1908 года издание ежемесячного научного органа «Труды Бюро по прикладной ботанике». План и характер издания были строго обдуманы. В «Трудах» имелось в виду помещать исключительно строго научные статьи. Все научные статьи должны были сопровождаться резюме на одном из иностранных языков, при чем эти резюме должны были быть подробными, в которых излагалось бы то, что являлось новым в науке. Такой характер «Трудов» сразу обратил на себя внимание заграницей и первым подписчиком на «Труды» была заграница. «Общедоступных» работ (но не популярных, против которых Р. Э. Регель всегда протестовал, считая их подделкой под стиль) и переводных, то таковым отводилось место в «Приложениях». В дальнейшем в «Трудах» был открыт отдел заметок, библиографический отдел, отдел рефератов и начали помещаться текущие сведения о работах Бюро; все рукописи, почти все корректуры, а последние (*imprimatur*) уже обязательно, Роберт Эдуардович правил сам. Какое развитие и значение получили «Труды» может свидетельствовать то, что, во-первых, Бюро состояло в обмене изданиями в России и заграницей с учеными и научными учреждениями, с высшими учебными заведениями, опытными учреждениями и различными научными обществами и обществами сельского хозяйства, а во-вторых, съездом по селекции и семеноводству в Петербурге в 1912 году

«Труды Бюро по прикладной ботанике» были признаны центральным научным органом по селекции в России» (Flaksberger, 1922, pp. 8–9).

ТРУДЫ БЮРО ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ (1908–1917)

«Труды Бюро по прикладной ботанике» – научный иллюстрированный журнал по вопросам селекции. Издавался с 1908 по 1917 год Ученым комитетом Главного управления землеустройства и земледелия, далее с тома VIII (1915), № 9 – Ученым комитетом Министерства земледелия, под редакцией заведующего Бюро Роберта Эдуардовича Регеля (рис. 1). Выходил ежемесячно (12 номеров в год). «Первый том «Трудов» посвящен памяти основателя того направления научной систематики растений, которому следует Бюро в своих работах – безвременно скончавшемуся Сергею Ивановичу Коржинскому» (Regel, 1915, p. 426).

В «Трудах» помещаются, прежде всего, научные работы членов Бюро и его научного персонала из области прикладной ботаники, куда относится всякого рода исследования, материалы и заметки по специальному изучению хлебов, технических, кормовых, огородных, плодовых и прочих возделываемых, а также дикорастущих луговых и сорных растений и прочих представителей флоры. В начале января 1910 года Р. Э. Регель вошел в Ученый комитет с представлением о разрешении помещать в «Трудах Бюро по прикладной ботанике» научные труды также и посторонних лиц, то есть лиц, не входящих в персонал Бюро, при условии, что работы посторонних лиц по возделываемым, а также сорным растениям, предоставляемые в Бюро, будут составлять не более, как только единичные выпуски «Трудов Бюро». Ученый комитет признал желательным участие посторонних лиц и постановил, начиная с 1911 года, переименовать научный журнал, издаваемый Бюро по прикладной ботанике, в «Труды по прикладной ботанике», с допущением в них статей посторонних лиц. По факту, русское название «Труды Бюро по прикладной ботанике» сохранилось до 1917 года, за исключением периода с 1914 г. по 1915 г., когда употребляется название «Труды по прикладной ботанике». Параллельное заглавие на иностранном языке было изменено начиная с тома IV (1911) на «Bulletin für angewandte Botanik» (таблица).

Целевое назначение печатного органа было точно сформулировано Р. Э. Регелем как руководство к практическому действию: «Основное назначение Бюро по прикладной ботанике – пополнять наши познания по этой отрасли сельского хозяйства самостоятельными исследованиями возделываемых, полезных дикорастущих и сорных растений в России и точными материалами в этом направлении, чтобы дать возможность лицам, работающим в России, применительно к русским условиям специализировать иностранные научные данные, подчас мало подходящие для условий, в особенности восточной России. Соответственно сему, и печатный орган Бюро предназначается прежде всего для агрономов и вообще для лиц со специальной агрономической или ботанической подготовкой, интересующихся вопросами прикладной ботаники. Далее, близкое знакомство с наследственными формами данной группы возделываемых и полезных растений является именно той основой, из которой должен исходить всякий селекционер в своих работах, а так как исследование цикла таковых форм и является прямой задачей Бюро, то, в силу этого, «Труды Бюро по прикладной ботанике» были признаны Съездом по селекции и семеноводству в С.-Петербурге в 1912 году центральным научным органом по селекции в России» (Regel, 1915, pp. 422–423).

Иностранное название «Трудов», которое служило для проведения подписки за границей, являлось для томов I–III (1908–1910 гг.) – «Bulletin des Bureau für angewandte Botanik», для томов IV–VII (№ 1–9) – «Bulletin für angewandte Botanik», с № 10 тома VII (1914 г.) до 1917 года включительно – «Bulletin of applied Botany».

Сегодня резюме к научной статье, безусловно, является основным источником информации в российских и зарубежных информационных системах, и базах данных, индексирующих журнал, но это требование неукоснительно соблюдалось журналом и в начале XX века, с самых первых номеров, путем публикации резюме на одном из иностранных языков либо предоставлением параллельных текстов научных работ на английском, немецком или французском языках. «Чтобы работы Бюро стали общим достоянием науки, они сопровождаются подробными иностранными резюме на одном из языков, признанных для научных работ Международным съездом 1902 года международными. Таковыми языками

являются английский, латинский, немецкий и французский, причем чаще всего резюме писались на немецком языке. С объявлением войны [первая мировая война 1914-1918 гг.] прием резюме, составленных на немецком языке, редакцией прекращен. К тому времени в типографию были отправлены рукописи выпусков «Трудов» за 1914 год до № 10 включительно, так что с № 11 тома VII «Труды» содержат только английские, латинские и французские резюме. В эти резюме включается все то, что в работе содержится нового для науки; печатающиеся в русском тексте цифровые таблицы и рисунки снабжаются заголовками или подписями на двух языках (русском и одном из иностранных). Благодаря этому, «Труды Бюро» приобрели уже известность за-границей в среде специалистов как в Европе и Северной Африке (Алжир), так и в Северной Америке вплоть до Мексики. Резюме составлялись до сих пор исключительно самим редактором [Р. Э. Регель] и только с 1914 года приглашенное для этого лицо (М. Н. Пумпянская) принимает прямое участие в составлении их и переводит на английский или французский язык резюме, написанные автором или редактором на русском языке» (Regel, 1915, p. 421).

Определенное внимание Областного съезда по селекции и семеноводству (1912), под председательством Р. Э. Регеля, было сконцентрировано на вопросе о составлении конспектов русских селекционных работ на иностранных языках: «Съезд признал необходимым, чтобы труды селекционных станций, научные работы и статьи имели в оглавлении перевод, а в заключении конспект или краткий реферат на одном из иностранных языков, признанных международными для научных сочинений, а именно на немецком, английском и французском» (Postanovleniya, 1912, p. 34).

«В первых семи томах своих «Трудов» (тома I–VII, 1908–1914) Бюро пользовалось для транскрипции русских слов латинскими буквами и так называемой немецкой транскрипцией в том виде, в каком применял ее С. И. Коржинский» (Regel, 1915, p. 422). Новая транскрипция вначале была применена в изданиях Русского энтомологического общества, Бюро по прикладной ботанике вводит изменения начиная с тома VIII (1915), № 1/2: применяется «Выработанный Биогеографической Комиссией Императорского Русского географического общества проект международной транскрипции русских географических названий, собственных имен и вообще русских слов при помощи простых сочетаний букв чистого латинского алфавита» (Vyrobotannuj Biogeograficheskoj, 1915).

Авторы, публикующие работы в журнале, сотрудники Бюро по прикладной ботанике (далее – ВИР), несмотря на многочисленные в течение века преобразования, придерживались так называемого плана преемственности. Часто цитируются слова Р. Э. Регеля о передаче научных знаний: «Наука только и прогрессирует, благодаря тому, что каждый новый исследователь является продолжателем работ его предшественников по тому-же вопросу; иначе, если-бы каждый исследователь начинал работу сызнова, получилось-бы топтание на одном месте» (Regel, 1915, p. 423), этот вопрос накопления и передачи знаний соблюдался и в отношении иллюстративного материала, используемого как средство для передачи ботанических знаний. Известный парижский ботаник Шарль Ноден (Charles Naudin) в одном из своих сочинений писал следующее: «мои сведения (о дынях) отображены в моих цветных рисунках сделанных со всех возделывавшихся при Музее разновидностей; они собраны в альбом, находятся в библиотеке Музея и каждый, кто после меня пожелает продолжить мои работы, может изучать эти рисунки» (Charles Naudin, 1930, p. 1). «Труды Бюро по прикладной Ботанике» включают в себя уникальный иллюстративный материал. «Текст поясняется, по возможности, соответствующими рисунками, на которые Бюро обращает особое внимание. Для этой цели приглашен с 1909 года один (М. П. Лобанова), а с 1911 года еще второй постоянный художник (П. Л. Веселов). Преимущество дается рисункам, нарисованным пером на гладкой белой или (с тенями) на сетчатой меловой бумаге, каковые рисунки допускают точное воспроизведение простым дешевым цинкографическим путем, при котором линии остаются линиями. Что же касается фотографий и обычных рисунков, на которых тени нанесены сплошными мазками или затушеваны не точками или линиями, а сплошь карандашом, то они требуют воспроизведения дорогим фототипическим путем. К фотографиям редакция прибегает только в тех случаях, когда не имеется соответствующего рисунка или требуется точная передача деталей по фотографии. Когда-же рисунок изображает какой-либо общий ландшафт, постройки и т.п., где детали не столь важны и превращение всех линий в точки делу не вредит, возможно применение обычных автотипий, то есть цинкографическое воспроизведение через сетку. Цветные таблицы, в

виду дороговизны их, воспроизводятся красками только в виде исключения, когда требуется точная передача окраски, причем для трехкрасочных и четырехкрасочных таблиц, воспроизведенных на цинке через сетку, налагается, где это требуется, черный контур особым цинковым клише, так чтобы линии на рисунке, не допускающие передачи их точечной линией, оставались и по воспроизведению рисунка, сплошной линией» (Regel, 1915, p. 422). Несмотря на дороговизну воспроизводства такого рода таблиц, Бюро по прикладной ботанике под руководством Р. Э. Регеля принимает решение публиковать шкалу цветов Saccardo (50 цветов) с тем, чтобы авторы могли в своих описаниях непосредственно ссылаться на эту шкалу. Кроме рисунков, сопровождающих и дополняющих текст, выполненных специально приглашенными художниками, иллюстративный материал в ряде случаев представлен рисунками авторов научных статей, опубликованных в «Трудах»: К. А. Фляксбергера, Ф. А. Сацыперова, А. А. Потебни, С. А. Белова и пр., а также авторскими фотографиям: Р. Э. Регеля, Н. И. Вавилова, Д. И. Литвинова, А. И. Мальцева, И. Н. Шевелева, К. Г. Ренарда, В. Н. Хитрово, Э. В. Костецкого, Ф. В. Смирнова и пр.

Вопросам реферирования, номенклатуры, в том числе библиографической работе редколлегия журнала отводила важнейшее место. Номера 1–6 тома I (1908) «Трудов Бюро по прикладной ботанике» были прореферированы на страницах журнала «Сельское хозяйство и лесоводство», издаваемого Главным управлением землеустройства и земледелия. Начиная с 1912 года для Бюро по прикладной ботанике становится возможным возложение на себя функций реферировавшего органа, способного не только объективно передавать в сокращенном варианте содержание научных работ, но акцентировать внимание на новых сведениях и определять целесообразность обращения к первоисточнику. Все эти вопросы нашли свое решение во время проведения Областного Съезда по селекции и семеноводству, происходившего в С.-Петербурге, 20–26 января 1912 года и были зафиксированы в постановлениях съезда. «Вместе с тем означенный Съезд высказал пожелание, чтобы Бюро реферировало в своих «Трудах» также сведения о содержании других самостоятельных работ по возделываемым, полезным и вредным растениям, опубликовываемым в других изданиях в России и за границей» (Regel, 1915, p. 423). С 1913 года в «Трудах Бюро» введен реферировавший отдел, сообщающий содержание русских и иностранных работ, включающий 9 подразделов: 1. Хлебные злаки; 2. Технические и прочие полезные растения (кроме хлебных злаков); 3. Огородные, лекарственные, медоносные и плодовые растения; 4. Сорные растения; 5. Луговые растения и прочие представители флоры; 6. Генетика, гибридизация и селекция; 7. Фитопатология и микология; 8. Другие работы по общей и прикладной ботанике; 9. Библиография по всем вышеупомянутым отделам (кроме фитопатологии и микологии). «В библиографическом подразделе сообщаются заглавия и цитаты не только самостоятельных, но и компилятивных статей и отдельных сообщений, и заметок, разбросанных по преимуществу во всевозможных повременных изданиях. Редакцию реферировавшего отдела взял на себя помощник заведующего Бюро П. И. Мищенко; с оставлением им службы в Бюро, с 1915 года, редакция этого отдела «Трудов» перешла к члену Бюро А. И. Мальцеву. В частности-же редакцию подраздела фитопатологии любезно принял на себя заведующий Бюро по микологии и фитопатологии А. А. Ячевский, впредь до открытия им в 1915 году соответствующего специального органа при Бюро по микологии и фитопатологии» (Regel, 1915, p. 423). Несмотря на то, что «...болезни растений (фитопатология) служат предметом исследований особого Бюро по микологии и фитопатологии, но в виду самой естественной связи работ в этой отрасли с прикладной ботаникой и важности знакомства с этими работами для каждого работающего по прикладной ботанике, особенно по селекции, а также для хозяев, в отделе уделено значительное внимание и этим работам» (Kratkij otchet, 1914, p. 394). За регулярное опубликование в отделе текущей библиографии отвечал П. И. Мищенко в сотрудничестве с приглашенным особым лицом – Н. О. Фермерен. Ранее составителем библиографии являлся Р. Э. Регель, который отмечал, что с 1913 года библиография ведется значительно полнее, «с тем, однако, отличием, что в нее не включаются статьи по садоводству, по чистой ботанике (ботанической географии), а также и по фитопатологии. С 1915 года отдел библиографии при «Трудах» выходит под редакцией А. И. Мальцева, который стремится включить в него и статьи по садоводству» (Regel, 1915, p. 419). Отдел библиографии и рефератов литературы, прямо или косвенно, но близко соприкасающейся с прикладной ботаникой, появляется в журнале по мере накопления и подготовки материала, этот факт, следовательно, позволил

отделу не быть связанному обязательством появления в каждом номере. В интересах дела руководство редакцией обратилось с просьбой ко всем лицам и учреждениям «о присылке в редакцию вновь появляющихся их печатных изданий и работ, относящихся к вопросам, намечаемым «отделом» рефератов. Крайне желательны авторефераты работ» (От redakcii, 1913, p. 35). При невозможности отправки в адрес редакции печатных трудов, авторы сообщали выходные данные работ, а также цены, если последние были назначены. «Необходимость такого отдела чувствовалась всеми работающими по прикладной ботанике и опытному делу, в виду крайней разрозненности не только литературы по различным журналам, но и деятелей, широко разбросанных по пространству Российской Империи» (Kratkij otchet, 1914, p. 394).

«Тем-же Съездом по селекции и семеноводству в С.-Петербурге в 1912 году было высказано пожелание, чтобы Бюро содействовало выработке единой номенклатуры в его области, причем Съезд предложил образовать при Бюро соответствующую особую комиссию» (Regel, 1915, p. 423). В постановлениях Съезда по вопросу о выработке терминологии в области селекции записано: «Съезд выражает пожелание, чтобы при Бюро по прикладной ботанике была образована комиссия с участием агрономов и местных деятелей по селекции и семеноводству для выработки единой терминологии в области селекции» (Postanovleniya, 1912, p. 33). «Также и это пожелание Съезда было исполнено. Ученый комитет избрал петербургских представителей этой комиссии, а Харьковское Бюро селекционных съездов – представителей из прочих частей России. Комиссия была созвана в феврале 1913 года и имела три заседания [в томе VI (1913) опубликованы Протоколы 3-х заседаний Комиссии по реферированию работ по селекции и по вопросам номенклатуры при Бюро по прикладной ботанике]; она была созвана по случаю состоявшегося в то время в С.-Петербурге при Главном Управлении Землеустройства и Земледелия совещания по сельскохозяйственному опытному делу. Но уже эта первая попытка убедила в чрезмерной затруднительности созыва в Петрограде комиссии в таком составе из членов, проживающих, как в Петербурге, так и в других частях России, и таким образом выяснилось, что общение по подобного рода вопросам должно происходить путем печати. Почин в этом направлении положен опубликованием в «Трудах», в виде особого приложения, латино-немецко-русского словаря Петунникова по ботанической терминологии» (Regel, 1915, p. 423–424). В состав Комиссии по реферированию работ по селекции и по вопросам номенклатуры при Бюро по прикладной ботанике вошли следующие лица: члены Бюро (С.-Петербург): Р. Э. Регель (зав. Бюро), А. А. Ячевский, Б. Л. Исаченко, В. К. Варлих, Х. Я. Гоби, А. С. Гребницкий, Н. И. Литвинов, А. И. Мальцев, П. И. Мищенко, К. А. Фляксбергер, а так же Н. К. Недокучаев (С.-Петербург), В. В. Винер (С.-Петербург), Э. В. Костецкий (Варшава), И. К. Пачоский (Херсон), А. Н. Петунников (Москва), А. А. Потенбня (Харьков), Г. И. Танфильев (Одесса), В. Н. Хитрово (Киев), Б. К. Енкен (Харьков), А. И. Стебут (Саратов), Д. Л. Рудницкий (Москва), Н. В. Тулайков (Самарская губ.), В. С. Богдан (Самарская губ.), И. В. Хевель (Седлецкая губ.). Регель довольно четко формулировал основные правила проведения работ: «Строго научная, объективная критика на статьи в рефератах, конечно, весьма желательна, но ее не следует смешивать с полемикой, вызванной личными столкновениями» (От redakcii, 1915, p. 767).

В «Трудах» издаются в виде особых приложений общедоступные оригинальные или переводные работы, излагающие современное положение познаний по различным отделам прикладной ботаники и селекции. С 1908 по 1917 год к «Трудам Бюро по прикладной ботанике» вышло 18 приложений, под общей редакцией Р. Э. Регеля. Авторами стали ученые специалисты: А. И. Мальцев, Н. Л. Скалозубов, К. А. Фляксбергер, А. Петунников, П. И. Мищенко, Ф. А. Сацыперов; представлены переводы с английского и немецкого языка на русский язык таких ученых, как: Дж. Г. Шуль, Э. Баур, К. Фрувирт, М. Зебер, Г. Зибен, П. Я. Саккардо, А. Дильс; переводы изданий выполнены: А. И. Мальцевым, П. И. Мищенко, Ф. А. Сацыперовым, Ф. и Э. Штробиндер, Н. П. Мельниковым; авторами предисловий к русским изданиям стали: Р. Э. Регель и Б. Б. Гриневецкий.

«Труды Бюро по прикладной ботанике» выходят ежемесячными выпусками неопределенного объема (1-12 печатных листов), в зависимости от накопившегося в течение месяца материала. В I томе (1908) содержится 26 печатных листов текста in 8°, во II (1909) – 45 листов, III (1910) – 47 листов, IV (1911) – 40 листов, в V (1912) – 70 листов, в VI (1913) – 84 листа, в VII (1914) – 98 листов. Общее число изданных таблиц рисунков – 133, из них 15 цветных; общее число отпечатанных рисунков – 906; общее число отдельных выпусков 79. Месяц, обозначенный на обложке, обозначает месяц сдачи манускрипта в типографию,

почему выпуски выходят из печати приблизительно на 2 месяца позже, но с 1915 года предположено, по возможности, приурочить выход выпуска к месяцу, обозначенному на обложке, почему уже с начала лета 1914 года выпуски высылались в типографию от 2-х до 3-х месяцев раньше» (Regel, 1915, p. 426). Причины, объясняющие нарушение сроков печатания журнала, в дореволюционный период, до революции в октябре 1917 года, были различными, в том числе экономическими и политическими. Например, редакция приводит следующее объяснение: «Запоздалый выход выпусков «Трудов» за 1912 год (т. V), начиная с № 8, вызван забастовкой наборщиков в Прибалтийском крае, где печатается журнал» (От redakcii, 1912, p. [1]).

«Труды» печатались в типографии К. Маттисена (г. Юрьев [в 1893–1918 гг. – г. Юрьев; с 1919 г. – г. Тарту, Эстония]), исключение составляет только том I, отпечатанный в г. Санкт-Петербурге, в типографии Министерства финансов: том I и том II, № 1-3 в количестве 1400 экземпляров, том II, № 4-12 и том III – 1000 экземпляров, том IV и V – 1100 экземпляров, том VI – 1250 экземпляров, том VII и том VIII – 1375 экземпляров. Особые приложения печатаются в большем количестве экземпляров. Число подписчиков – томов I-II – 183, III – 155, IV – 160, V – 170, VI – 160, VII – 185, VIII – 155» (Regel, 1915, p. 427). «В 1916 г. (т. IX) объем издания сократился до нормы томов VI и VII (1913 и 1914 гг.). Что же касается сокращения объема т. X (1917 г.) почти наполовину, то оно обусловлено отнюдь не недостатком притока соответствующих материалов для опубликования, а исключительно условиями и дороговизной типографской работы, допускавшими издание в 1917 г. всего семи выпусков вместо двенадцати» (Fedotova, Goncharov, 2014, с. 77).

Подписка на «Труды» в разные годы принималась: в канцелярии Бюро по прикладной ботанике в С.-Петербурге-Петрограде (Васильевский остров, 2 линия, д. 61), в редакции (СПб., Бабурин пер., д. 5), а также у комиссионеров Бюро: «Агроном» (Москва), Бюро Харьковского общества сельского хозяйства (Харьков), Императорское Российское общество плодоводства, книжный склад (С.-Петербург-Петроград), книжный магазин Киммеля (Рига), «Хуторянин», книжный склад (Полтава), Липки Зайфман (Новая Александрия). Комиссионером Бюро за границей состоял до объявления войны Oswald Weigel (Лейпциг), в 1915 году Бюро вошло в сношение с заграничным комиссионером в Англии, фирмой «Dulau & Co Ltd.» (Лондон). По требованиям пробные номера высылались бесплатно. Весь доход от подписки на «Труды Бюро по прикладной ботанике» обращался на улучшение самого издания.

«Первый том «Трудов» (1908 г.) и первые 4 выпуска второго тома (1909 г.) высылались бесплатно всем желающим. Но в дальнейшем, согласно утвержденным г. Главноуправляющим правилам, они стали выдаваться бесплатно только начальствующим лицам Главного Управления, Членам Ученого Комитета и служащим в нем, а также всем служащим Бюро; другим учреждениям и лицам высылаются с тех пор только за плату или в обмен на издания же или на присланные в Бюро материалы по его специальности, а также сотрудникам, поместившим на страницах «Трудов» научные статьи и заметки. Шире практикуется бесплатная выдача только по отношению к общедоступным приложениям к «Трудам Бюро». Для самого Бюро особое значение имеет именно этот обмен, потому что, благодаря этому, его специальные коллекции постоянно пополняются обильными и ценными материалами, каковые иным путем не удалось-бы собрать. Подписная плата 3 рубля в год с пересылкой, причем 1-й том высылается бесплатно подписчикам 2-го тома. Опытные и учебные заведения, а также учащие и учащиеся, пользуются скидкой 30%. Пересылка бесплатная, причем обменные экземпляры высылаются казенными пакетами, а платные – платными бандеролями» (Regel, 1915, p. 426). «Следует, заметить, что число подписчиков на тома «Трудов» за прежние годы постепенно увеличивается, так как опубликовываемые в Бюро самостоятельные научные работы, по свойству подобных работ, сохраняют свое значение и на будущее время, а вновь вступающие в регулярные сношения с Бюро учреждения и лица легко могут получать «Труды» за текущие года и на будущее время в обмен на присланные издания и материалы по специальности Бюро» (Regel, 1915, pp. 471–472). Поэтому Бюро само скупало выпуски «Трудов» за предыдущие года по цене 1 рубль за выпуск с целью пополнения продажных полных серий, комплектов «Трудов по прикладной ботанике». Спрос на отдельные выпуски «Трудов» был весьма велик, в связи с чем в 1916 году редакция журнала «доводит до сведения, что в виду ограниченного числа экземпляров I тома (1908) Трудов, оставшихся на складе изданий Бюро, означенный том поступил с 1-го марта в отдельную продажу, наравне со всеми остальными томами, т. е. по цене 3 руб. с приложениями и с пересылкой»

(Soobshhenie, 1916, p. [1]). «Отдел II одобренного Государственным Советом и Государственной Думой закона от 6 марта 1909 года о дополнительном отпуске из Государственного Казначейства средств на содержание и расходы специальных Бюро при Ученом комитете Главного Управления Землеустройства и Земледелия гласит: «Предоставить Главному управляющему Землеустройством и Земледелием обращать все доходы от издания «Трудов Бюро по прикладной ботанике» на расходы по изданию этого журнала» (Regel, 1915, p. 347). Таким образом, начиная с 1910 года, «доходы от изданий специализируются на улучшение самого издания и служат для выдачи гонорара референтам за рефераты и авторам за приложения. Научные работы, сообщения, заметки и отчеты, печатающиеся в научном отделе «Трудов», гонораром не оплачиваются. Всем авторам выдается бесплатно по 100 отдельных оттисков их работ и заметок, и с 1912 года по 25 оттисков поступают в Бюро для бесплатной раздачи специально интересующимся данной работой. Авторам, не состоящим на платной службе в Бюро, по особому соглашению может быть выдано бесплатно и более 100 оттисков» (Regel, 1915, pp. 426–427). В 1914 году было выслано 1010 экземпляров «Трудов», не считая выдававшихся отдельных выпусков.

При Бюро по прикладной ботанике состояли постоянные и временные корреспонденты: «Учреждения и лица, состоящие с Бюро в постоянном обмене материалами или изданиями или оказавшие ему особые услуги в ином направлении, равно как лица, получающие «Труды» по служебному своему положению, зачисляются в постоянные корреспонденты Бюро, и им обеспечена бесплатная высылка изданий Бюро по прикладной ботанике: учреждениям – до упразднения учреждения или соответствующей должности в нем, редакциям изданий – пока таковые продолжают выходить из печати и высылаются в Бюро, а именным постоянным корреспондентам – до конца жизни их. Учреждения и лица, с которыми постоянный обмен изданиями и материалами окончательно еще не установлен, считаются временными корреспондентами впредь до установления постоянных сношений с ними» (Regel, 1915, p. 439). Сохранились списки постоянных и временных корреспондентов, которым издания Бюро высылались бесплатно, по данным 1914 года. Приведем некоторые примеры: учреждения (постоянные корреспонденты): Академия наук, Императорская публичная библиотека, Ботанический сад Петра Великого, Государственная Дума, Государственный Совет, Каменно-степная опытная станция им. проф. Докучаева, Московский сельскохозяйственный институт, Румынское посольство, Библиотека Ученого комитета Главного управления землеустройства и земледелия и пр.; учреждения (временные корреспонденты): Артвинский масличный и плодовый питомник, Вятская сельскохозяйственная опытная станция, Махаринецкий сахарный завод, Сикорский питомник американских лоз и пр.; именные корреспонденты (постоянные корреспонденты): И. П. Бородин, Н. И. Вавилов, Б. Б. Голицын (кн.), А. С. Ермолов, А. В. Кривошеин, А. И. Мальцев, П. И. Мищенко, В. В. Мусин-Пушкин (гр.), В. В. Пашкевич, Д. Н. Прянишников, Р. Э. Регель, А. А. Риттих, И. А. Стебут, В. В. Таланов, К. А. Тимирязев, А. А. Фишер-фон-Вальдгейм, К. А. Фляксбергер, A. Atterberg, E. Baur, U. Dammer, L. Diels, Fr. C. G. Fedde, C. Fruwirth, C. & S. Heil, F. Körnicke, F. Matouschek, J. Percival, W. Saunders, M. Seber, R. S. Smith, A. Thellung, O. Weigel, L. Wittmack, A. Zade и пр.; временные корреспонденты: В. Писарев, С. Белов, А. К. Васильев-Васильков, Г. Д. Глинка, Шаховской (кн.) и пр. В 1914 году насчитывалось 429 именных корреспондентов Бюро, получающих бесплатно «Труды по прикладной ботанике». По имеющимся статистическим данным за 1915 г., Бюро состояло в регулярном обмене с 249 повременными изданиями в России и за границей. Опубликованный в томе VIII (1915 г.), № 4/5 «Трудов» список лиц и учреждений, которым была обеспечена постоянная бесплатная высылка «Трудов Бюро по прикладной ботанике», дополнен в 1916 году и опубликован в томе IX (1916 г.), № 5 (Malzev, 1916, pp. 251–252).

Благодаря изданию «Трудов» и регулярной публикации в них сведений о деятельности Бюро, можно воссоздать историю учреждения с максимальной точностью путем анализа текущих сведений о деятельности Бюро, финансовых и научных отчетов, смет доходов и расходов, обзоров успехов, достигнутых Бюро, мер, предпринятых к успешному развитию дела, списков служащего персонала, детального представления издательской деятельности и иных материалов. Деятельность Бюро до 1908 года была изложена А. И. Мальцевым в 3-й главе работы «Изучение возделываемых растений, как основа развития отраслей сельского хозяйства», опубликованной в приложении 1-ом к «Трудам Бюро по прикладной ботанике» и одновременно изданной отдельной брошюрой в 1908 году под заглавием «О деятельности Бюро по прикладной ботанике». В предисловии к тому I (1908), вып. 1/2 Р. Э. Регель излагает

фактический материал об учреждении и деятельности Бюро по прикладной ботанике, публикуется «Положение о Бюро по прикладной ботанике». «В дальнейшем уже регулярно публиковывались в «Трудах Бюро» А. Мальцевым текущие сведения о деятельности Бюро, а также заведующим Бюро ежегодно краткие отчеты о деятельности его, причем последние перепечатывались также в «Обзоре деятельности Главного Управления Землеустройства и Земледелия», а за последние годы в «Сметах доходов и расходов по Канцелярии Главноуправляющего Землеустройством и Земледелием». (Regel, 1915, pp. 425–426). Перечисленные выше материалы публиковывались в «Трудах» с 1908 по 1916 гг. включительно. Особое историческое место занимает труд Роберта Регеля «Организация и деятельность Бюро по прикладной ботанике за первое двадцатилетие его существования (27 окт. 1894 – 27 окт. 1914) = *L'organisation et les travaux du Bureau de botanique appliquée, pendant vingt ans de son fonctionnement (8 nov. 1894 – 8 nov. 1914)*», опубликованный на русском и французском языках в томе VIII (1915), вып. 4/5, 12.

Т. IX (1916), № 12, Т. X (1917), № 11 и 12 – не были изданы за отсутствием средств. Такая информация по факту имела место до 2014 года. Благодаря российским исследователям, академику РАН Н. П. Гончарову и к.б.н. А. А. Федотовой, был впервые опубликован уникальный исторический документ, обнаруженный в Российском государственном историческом архиве (РГИА. Ф. 382. Оп. 9. № 211. Л. 1–112), «Обзор деятельности Отдела прикладной ботаники в 1917–1918 гг.», написанный его заведующим Р. Э. Регелем в конце июня или начале июля 1918 г. Текст отчета, планируемый для т. X (1917), № 11, с многочисленными комментариями опубликован в сборнике «Бюро по прикладной ботанике в годы Первой мировой войны» (Fedotova, Goncharov, 2014).

В итоге, «Бюро по прикладной ботанике с 1908 по 1917 г. издало только 10 томов «Трудов» и 18 «Приложений» к ним, размером в 625 печатных листов» (List of publications, 1933, p. 5).

Все перечисленные выше мероприятия по организации, первых шагах и развитию журнала в до- и постреволюционной России тесно связаны с именем Роберта Эдуардовича Регеля (15(27) апреля 1867 – 7 (20) января 1920 г.) – основателя «Трудов», главного редактора, заведующего Бюро (Отдела прикладной ботаники и селекции), магистра ботаники, доктора садоводства, известнейшего специалиста по хлебным злакам, жизни и деятельности которого посвятили свои научные работы такие ученые прошлого и современности, как: К. А. Фляксбергер, Н. И. Вавилов, Т. М. Аверьянова, Н. П. Гончаров, А. А. Федотова, И. Г. Лоскутов и др.

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ И СЕЛЕКЦИИ (1918–1927)

«Труды по прикладной ботанике и селекции» – научный иллюстрированный журнал по вопросам селекции и прикладной ботаники, имеющий признанный статус специального научного органа по прикладной ботанике и селекции России. С 1908 по 1917 год издавался под названием «Труды Бюро по прикладной ботанике», с тома XI (1918) переименован в «Труды по прикладной ботанике и селекции» (см. таблицу). Параллельное заглавие: «Bulletin of applied botany and plant-breeding». Под данным названием журнал издавался с 1918 по 1927 гг.: тома XI (1918), XII (1921) изданы Сельскохозяйственным ученым комитетом, далее том XIII (1922–1923) – Государственным институтом опытной агрономии, с тома XIV (1924–1925) – Всесоюзным институтом прикладной ботаники и новых культур, с тома XV (1925), вып. 5 по том XVII (1927), вып. 2 – Государственным институтом опытной агрономии и Всесоюзным институтом прикладной ботаники и новых культур.

Том XI (1918) вышел под редакцией Р. Э. Регеля, тома XII (1921) – XVII (1927) – под редакцией Н. И. Вавилова. Для редактирования «Трудов по прикладной ботанике и селекции» создан специальный редакционный комитет в периодически изменяющемся количественном составе ученых специалистов, 6–10 человек, во главе с директором Института Н. И. Вавиловым. В состав редакционного комитета в данный временной период издания входили такие известные ученые, как: К. А. Фляксбергер, А. И. Мальцев, Г. А. Левитский, Н. А. Максимов, П. М. Жуковский, В. В. Пашкевич, Д. Д. Арцыбашев, В. В. Таланов, В. Е. Писарев, В. А. Кузнецов. «Труды по прикладной ботанике и селекции» содержат английский, французские и немецкие резюме. Каждый том «Трудов» включает в себя редкий иллюстративный материал: карты, чертежи, таблицы, рисунки, выполненные художниками-профессионалами и учеными специалистами (М. П. Лобановой, А. Т. Комаровой,

А. М. Шепелевой, П. Веселовым, Стребловым, В. А. Мальцевой, Н. Н. Цингер-Барсковой и др.), а также рисунки, сделанные при помощи рисовального прибора Abbe, фотографии авторов научных трудов (Н. И. Вавилова, А. И. Мальцева, Э. Эверета и др.). С 1918 по 1927 гг. вышло 10 «Приложений», авторами оригинальных или переводных работ стали: Р. Буллер, Г. Нильсон, Р. Э. Регель, Н. И. Вавилов, К. М. Чинго-Чигас, А. И. Мальцев, Н. А. Максимов, Н. И. Кичунов, И. Ф. Макаров, В. В. Таланов.

Журнал выходил периодичностью 5 выпусков. Тираж: том XII – 1500 экземпляров; том XIII, вып. 1–4 – 1000; том XIV: вып. 1 – 1050, вып. 2 – 1100, вып. 3 – 1150, вып. 4, 5 – 1400; том XV: вып. 1 – 1400, вып. 2 – 1200, вып. 3 – 1075, вып. 4 – 1400, вып. 5 – 1100; том XVI: вып. 1 – 1100, вып. 2 – 1600, вып. 3–5 – 1100; том XVII: вып. 1 – 1100, вып. 2 – 1165.

1918–1921 гг. События, произошедшие в России, в данный исторический момент: Октябрьская революция (Октябрьский переворот, 1917), Гражданская война в России и иностранная военная интервенция (1917–1922/1923), продовольственные затруднения, беспримерная дороговизна жизни, обесценивание рубля, затруднительность как внутренних, так и внешних сношений и т.д., не могли не отразиться на развитии русской науки, парализующим образом действовали на ее способность приносить всю пользу, на которую имеет право рассчитывать страна.

Летом 1917 года осуществилось подготовлявшееся ранее преобразование Ученого комитета в Сельскохозяйственный ученый комитет, хотя и не в том объеме, как раньше проектировалось. *«Трудное время переживал Сельскохозяйственный Ученый Комитет Народного Комиссариата Земледелия в период 1917-1921 гг. Четырехлетняя война мобилизовала большую часть мужского персонала, холодом и голодом веяло в стенах обширного помещения, занимаемого в то время Отделом Прикладной Ботаники и Селекции <...> Голод и холод, заставил направиться последних научных работников на юг. Изредка доходили вести со Степной Станции Отдела, которая переходила из рук в руки при смене фронтов. Только телеграммы А. И. Мальцева, в то время заведывающего Степной Станцией, дают весть о том, что станция еще существует. Прекратилось издание «Трудов по прикладной ботанике и селекции» [1919 и 1920 гг.] <...> 20 января 1920 г. смерть уносит Р. Э. Регеля. Во время поездки по делам службы в Москву Р. Э. Регель, как это сплошь и рядом случалось в то время, схватывает сыпной тиф и умирает в своей семье, бежавшей от голода в Вятскую губернию. Проходит год до приезда нового заведывающего (Н. И. Вавилов). Трудно передать ту внутреннюю и внешнюю обстановку, которую пережили немногие сотрудники, оставшиеся в то время в учреждении <...>. К 1921 году, начинают постепенно возвращаться старые кадры ответственных работников. Возвращается зам. заведующего К. А. Фляксбергер. В марте 1921 года, под грохот Кронштадтских событий, в Ленинград [до 1924 г. – Петроград, авт.] направляется новая волна работников из Саратова» (The Institute, 1927, p. 3).*

Жизнь постепенно восстанавливается до довоенной нормы, страна, совершив революционные действия, потребовала от ученых большой научно-прикладной работы. Несмотря на все реорганизации (в 1916 г. Бюро по прикладной ботанике преобразовано в Отдел прикладной ботаники и селекции) и иные «перестройки» издание «Трудов», с огромными трудностями продолжалось, но было изменено заглавие с тома XI (1918) на «Труды по прикладной ботанике и селекции». Закономерным является вопрос – в связи с чем было принято данное решение? Полноправным ответом может послужить письмо Н. И. Вавилова, для которого письма являлись не только средством, но и необходимым условием научного творчества, Р. Э. Регелю от 26 марта 1918, где впервые Вавилов формулирует идею переименования издания: *«Не имеете ли Вы в виду изменить название «Трудов Бюро». Может быть достаточно вычеркнуть «Бюро», а может быть и просто назвать их «Журналом прикладной ботаники». Это не совсем праздный вопрос. В среде селекционеров мне приходилось слышать такие замечания: «Ведь это труды Бюро, как же в них печатать свои работы», в этом доля правды есть, и, по-моему, это стоило бы устранить» (Nauchное nasledstvo, 1980, p. 33).* Предложение Н. И. Вавилова было принято и реализовано. Номер 5/6 тома XI является первым изданием под новым названием «Труды по прикладной ботанике и селекции» и последним изданием, вышедшим под редакцией основателя «Трудов» – члена Сельскохозяйственного ученого комитета, заведующего отделом прикладной ботаники и селекции Роберта Эдуардовича Регеля. Кроме переименования, журнал потерпел еще ряд принятых и вынужденных изменений. От редакции «Трудов» (1918): *«Уже начиная с 1-го выпуска тома XI, то есть с начала 1918 года, Редакция решила отказаться от печатных*

твердых знаков в конце слова, ныне-же переходит согласно декрету целиком к новому правописанию [Декрет от 23 декабря 1917 года «О введении нового правописания» / Народный комиссариат по просвещению РСФСР]. Выпуски 109-й и 110-й были набраны еще до опубликования декрета, а потому в них переход к новой орфографии ограничивается лишь упразднением твердого знака в конце слова; целиком-же по новому правописанию будут печататься дальнейшие выпуски, начиная с 111-го. Выпускная № 109 (5/6) тома XI, 1918, печатанный в Петрограде, Редакция уведомляет читателей, что манускрипты последних выпусков тома X, 1917 г. «Трудов по прикладной ботанике», а именно №№ 103/106 (6/12) и первых выпусков тома XI, 1918 г. «Трудов по прикладной ботанике и селекции», а именно 107/108 (1/4) 1918 г., равно как № 97 (12), тома IX, 1916, содержащий алфавитный указатель тома и первый выпуск «Екатеринославской флоры», были сданы в Юрьевскую типографию Маттисена, в которой «Труды» печатались до настоящего времени, еще до занятия германскими войсками г. Юрьева. В настоящее время № 103 (№ 6) и № 104 (7/10) готовы, но все еще не могут быть отправлены из Юрьева в Петроград, набор-же дальнейших выпусков остановился за прекращением сообщения с г. Юрьевом» (От редакции, 1918, р. [1]).

Такова история подготовки к изданию «Трудов по прикладной ботанике и селекции» в один из самых сложных периодов деятельности научных учреждений России, что, естественно, привело к тому, что не все подготовленные Бюро рукописи вышли в свет. В 1918 году издана одна тетрадь большого формата, № 5/6 тома XI; остальные № 1–4, 7–12 не были изданы за отсутствием средств.

Одной из самых болезненных сторон деятельности Сельскохозяйственного ученого комитета, его Отделов и Бюро явились те препятствия, которыми была обставлена его издательская деятельность, сведенная в первые годы новой власти к минимуму. В связи с тяжелейшей финансовой ситуацией в 1919–1920 гг. не был издан ни один номер. С 1921 года «Труды» начинают выходить выпусками под редакцией академика Николая Ивановича Вавилова (см. рис. 1). В журнале публикуются оригинальные работы, реферирована вся важнейшая русская и иностранная литература по вопросам прикладной ботаники и селекции.

1922–1923 гг. В 1922 году Отдел прикладной ботаники и селекции вошел в состав Государственного института опытной агрономии. «Основной задачей Отдела прикладной ботаники и селекции является изучение возделываемых растений, их сортового состава, географическое распределение сортов как полевых, огородных, так и садовых культур. При огромности территории России, малой изученности ее окраин: Туркестана, Кавказа, Сибири, очередной задачей агрономии и ботаники является планомерное и систематическое изучение возделываемых растений в порядке их значения: в первую очередь полевых культур и затем огородных, и садовых. Исследование возделываемых растений в ботанико-агрономическом отношении, выяснение их сортового состава и география сортов в пределах России и сопредельных с ней стран имеет исключительное значение в виду того, что в пределах Союза Советских Республик при необъятности его территории входят центра происхождения многих культур. Как показали исследования Отдела, в Персии, Афганистане, Бухаре, в южной части Русского Туркестана, в Северной Индии находятся основные центры формообразования главнейших культурных растений, многих плодовых деревьев. Изучение их обещает дать большие практические результаты и представляет большой научный интерес. Исследования возделываемых растений ведутся Отделом с самого начала его основания, с 1894 года, путем сборов из разных районов Европейской и Азиатской России, и других стран возможно большего числа образцов как в виде семян, так и целых растений, и гербарных экземпляров, путем высева их в различных естественно-исторических областях, детального описания, составления определителей и установления географии отдельных сортов. Первой основной задачей Отдела в настоящее время так же, как в течение всего времени его существования, является ботанико-географическое изучение возделываемых растений России и сопредельных с нею стран» (Vavilov, 1924, р. 22).

«Труды» должны были доказать русской и мировой научной общественности свое право быть центральным органом по прикладной ботанике и селекции России. Состояние дел по изданию «Трудов» на данном периоде времени зафиксировано Н. И. Вавиловым в письме к Г. С. Зайцеву от 12 июня 1922 года: «До моего приезда дело с печатанием «Трудов» остановилось, теперь как-будто оно налаживается, издали одну книжку» (Nauchnoe nasledstvo, 1980, р. 51). Огромная проблема по восстановлению научных связей была, безусловно, связана с пересылкой журнала за границу, Вавилов в письме к Д. Н. Бородину в

Нью-Йорк (США) от 19 апреля 1922 года пишет: «Возобновили печатание Трудов прикладной ботаники и приступим недели через две к рассылке их за границу. К сожалению, что опять-таки прошу иметь в виду, пересылка сопряжена с огромными трудностями: до настоящего времени из Петрограда послать бандеролью книжки за границу не представляется возможным, нужно все делать через Внешторг, и единственный путь – это использовать Московский комиссариат иностранных дел. Кроме того, по нашим ценам и по нашим ничтожным бюджетам пересылка за границу стоит огромных средств. Я имею в виду возбудить особое ходатайство об облегчении пересылки образцов и книг, но, во всяком случае, в настоящее время существуют такие трудности, о которых Вы в Америке не имеете представления» (Nikolai Ivanovich Vavilov, 1994, p. 29).

Профессор Н. И. Вавилов лично контролировал вопросы издательской деятельности, участвовал в переговорах по вопросам печатания, отправки и переправки из Ревеля в Петроград приборов, коллекций, изданий, вел регулярную переписку с Российским представительством в Эстонии: «В Эстонии, в городе Юрьеве, печатаются Труды по прикладной ботанике, которые согласно извещению типографии, изготовлены и могут быть пересланы» (Nikolai Ivanovich Vavilov, 1994, p. 39). В 1922 году издан один выпуск тома XII (1921) «Трудов». В 1923 и 1924 издан том XIII (1922–1923) в четырех выпусках; выпуск пять не был издан. Редакция от лица всего Отдела прикладной ботаники и селекции неоднократно публично благодарит научную общественность за внимание и за содействие к изданию: «Настоящий том «Трудов по прикладной ботанике и селекции», включая выпуски 1, 2, 3 и 4, мог выйти только благодаря деятельному содействию Главного Комитета Всероссийской Сельско-Хозяйственной Выставки, ее Отдела Полеводства и в особенности благодаря активному содействию Заведующего Агрономическим Отделом Выставки профессора Сократа Константиновича Чаянова» (От редакції, 1923, p. 1).

Проблемы, связанные с изданием «Трудов», были обусловлены отсутствием средств: «К сожалению, большое число рукописей, находящихся в Редакции Трудов, до сих пор не могут быть опубликованы. В портфеле Редакции лежат по несколько лет важные работы профессора Б. А. Келлера, Г. Н. Высоцкого и других» (От редакції, 1923, p. 1). Было принято специальное постановление Госплана об ассигновании средств для издания этого органа, но Наркомзем таковых средств фактически не ассигновал. «Затруднения с печатанием усугубляются необходимостью снабжения большинства работ, печатающихся в «Трудах», большим количеством таблиц и рисунков. В довоенное время издание «Трудов» обходилось в год около 11 тысяч руб. зол. В текущем 1923 г. Отдел не может расходувать и 100 рублей на издание своих «Трудов» и только при содействии Главного Выставочного Комитета ему удалось отпечатать некоторые из работ» (Vavilov, 1924, p. 35).

Вавилов Н. И., будучи главным редактором «Трудов», находил, невзирая на обстоятельства, эффективные решения научных и организационных проблем, лично обращался к тем или иным ученым с идентичной просьбой: «составить для «Трудов прикладной ботаники и селекции», которые издаются уже 14-й год и являются основным органом в области прикладной ботаники и селекции в России, сводную статью о результатах Вашей работы и о методах работы. Было бы крайне желательно получить нечто вроде резюме листа на два печатных. Это резюме мы издали бы в достойном виде, переведа его целиком на английский язык» (Nauchnoe nasledstvo, 1980, p. 59).

Начиная с тома XIII (1922–1923), вып. 4 редакция «Трудов по прикладной ботанике и селекции», придавая государственное значение ознакомлению работников на местах с имеющейся литературой по специальности, после 5-летнего перерыва, преступает к возобновлению «Отдела рефератов и библиографии», стремясь, по возможности, наверстать упущенное. «В виду накопления огромного количества иностранной литературы и дороговизны печатания, Редакция, помимо отдельных рефератов важнейших работ и библиографии, обращает особое внимание на сводные рефераты или обзоры литературы, которые давали бы представление об общем направлении научных работ по данному вопросу или по данной специальности» (От редакції, 1924, p. 3). Таким образом, «Отдел рефератов и библиографии» включает в себя: I. Обзоры литературы; II. Рефераты отдельных работ; III. Библиография. Печатание материалов производилось по мере накопления материала в перечисленных разделах.

1924–1927 гг. В августе 1924 г. утвержден Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, торжество открытия состоялось в Москве 20 июля 1925 года. При организации

института в его состав вошли: Отдел прикладной ботаники и селекции Государственного института опытной агрономии (ранее Бюро по прикладной ботанике), Центральная селекционная и генетическая опытная станция в Детском селе (ныне г. Пушкин) со всеми отделениями и Бюро выведения и размножения новых сортов полевых растений. В июне 1925 г. Совет Народных Комиссаров Союза ССР утвердил Положение о Всесоюзном институте прикладной ботаники и новых культур с отделениями в союзных республиках как первое звено учреждений, долженствующих образовывать ВАСХНИЛ.

Директором института стал блестящий организатор и руководитель, выдающийся ученый, ботаник, генетик, профессор, а впоследствии академик Николай Иванович Вавилов, который в кратчайшие сроки смог мобилизовать научный коллектив на разработку учения о происхождении культурных растений и их эволюции, на изучение растений во всех аспектах биологии и сельского хозяйства. В исторический день первого расширенного заседания Совета Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур в Москве, 20 июля 1925 года, директор Н. И. Вавилов выступает с речью «Очередные задачи сельскохозяйственного растениеводства», опубликованной в «Трудах по прикладной ботанике и селекции» (Т. XIV, вып. 5), в извлечении этот очерк также опубликован в газете «Правда» (авг., 1925 г.), Известиях ГИОА (1925, вып. 2–4).

Н. И. Вавилов четко формулирует четыре основные вехи, по которым должна пойти работа Института на данном временном этапе своего развития: «1) исследование существующих возделываемых растений в мировом масштабе, учет того, что имеется в готовом виде, как у нас, так и в различных странах; широкое привлечение растений и сортов из областей их происхождения, выделение из них наиболее ценных форм и введение их в культуру; 2) сортовая перепись по всем растительным культурам и организация планомерного государственного сортоиспытания, определения границ возделываемых сортов; 3) исследование дикой флоры в смысле использования отдельных видов ее для введения в культуру новых растений; 4) овладение синтезом новых форм, несуществующих в природе» (Vavilov, 1925, p. 12).

Институт стал единственным, уникальным по тем временам, научным учреждением СССР, осуществляющим в плановом порядке сбор и изучение всех возделываемых растений мира. Целью этой высококвалифицированной научной работы ученых ВИР было обогащение растениеводства новыми видами и сортами растений, обеспечение селекционеров страны ценным исходным материалом и продвижение растениеводства в новые районы. Основными задачами института являлись: сосредоточение в СССР видовых и сортовых растительных ресурсов земного шара для использования их в селекции, разработка теоретических проблем по классификации, эволюции, географии и истории культурных растений, частной физиологии, анатомии, генетике, биохимии и агроклиматологии.

Основным печатным изданием Института являются «Труды по прикладной ботанике и селекции», в которых публикуются результаты научных исследований, проведенных научными сотрудниками института и его опытными станциями, значимые для развития науки и производства совместные работы с другими учреждениями, включая зарубежные. Начиная с тома XIV (1924–1925 гг.) «Труды» выходят практически с не нарушаемой обстоятельством периодичностью, пять выпусков.

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ (1927–1931)

Авторы считали особо важным воспроизведение полного текста, опубликованного редакционным комитетом «Трудов» в качестве предисловия к тому 17, вып. 3 (1927 г.; см. таблицу): «С настоящего выпуска наш журнал переименовывается в «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции». В 1918 году «Труды Бюро по прикладной ботанике» были переименованы в «Труды по прикладной ботанике и селекции». Эти изменения названий вызываются историческим ходом развития исследований в нашей стране. Ход работ с культурными растениями в СССР, насколько мы его можем определить, естественно устремляется в настоящее время в сторону исследований проблем генетики и филогенеза. Проблемы видообразования, генезиса культурных растений, теоретические основы гибридизации неизбежно становятся очередными в нашей работе. Широкое применение метода гибридизации, цитологии, генетического изучения культурных растений, уже определившееся в работе Института прикладной ботаники и опытных селекционных

учреждений СССР, заставляет нас уточнить содержание «Трудов». При этом генетику мы считаем необходимым понимать не только как «физиологию наследственности и изменчивости», согласно определению В. Бэтсона, а шире – в смысле индуктивного изучения проблем генезиса организмов, что, как нам представляется, более соответствует объему современных генетических работ. По-прежнему, сосредотачивая свое внимание на ботанико-агрономическом изучении культурных растений, наш журнал формально открывает ныне возможность печатания в нем и более общих работ генетического содержания. Фактически подобные работы уже не раз печатались в наших «Трудах» (To readers, 1927, p. 1). «Результаты работ Института регулярно публикуются в «Трудах по прикладной ботанике, генетике и селекции», а также в приложениях к ним, и тем самым представлены на строгий суд общественности и научной критики как в пределах самого Союза, так и за его границами» (Plan, 1929, p. 3).

В данный временной период издания Института выпускаются трех категорий: «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» (издавались совместно с ГИОА), в коих помещались оригинальные научные труды, результаты научных исследований, в некоторых выпусках опубликовывались монографии по отдельным культурам, сводки, обзоры, рефераты и библиография, причем к каждой статье давалось краткое резюме на английском языке; Приложения к «Трудам», где печатались крупные работы общего характера, и серия общедоступных брошюр, включающая в себя оригинальные работы по отдельным культурам монографического содержания, но в общедоступном изложении с ориентировкой на агрономов, высшие учебные заведения сельскохозяйственного и биологического профиля и пр. В 1929 году Институт формирует плановую идею издания «Бюллетеня Института прикладной ботаники», включающего в себя информацию о текущей работе, справочную часть и т.д. «Кроме того, сотрудники Института принимают участие в «Известиях ГИОА», а также в ряде периодических журналов и газет («Известия ЦИК», «Правда», «Природа», «Научное слово», «Агроном», «Сам себе агроном» и т.д.), где помещаются статьи по отдельным вопросам из области работ Института» (Plan, 1929, p. 20). «Издания Института являются результатом всей научно-исследовательской и творческой работы всего коллектива научных работников. Лучшим доказательством их ценности и значения служит непрерывно увеличивающийся спрос на них, как в СССР, так и в самых отдаленных странах земного шара. Институт придает «Трудам» очень большое значение, и поэтому предъявляет весьма высокие требования к качеству помещаемого в них материала. Для редактирования «Трудов» создан специальный редакционный Комитет в составе 16 ученых специалистов во главе с Директором Института проф. Н. И. Вавиловым. Тираж «Трудов» – 1000 экз., приложений к ним и общедоступной серии от 1000 до 1500 экз.» (Plan, 1929, p. 50).

Научное руководство издательской деятельностью также контролировалось функционирующей при Директоре Научной Коллегией Института. По факту состав редакционного комитета не был постоянным, в количественном отношении он состоял от 10 до 25 членов, в него входили исключительно значимые ученые: К. А. Фляксбергер, А. И. Мальцев, В. В. Пашкевич, Г. А. Левитский, Н. А. Максимов, П. М. Жуковский, В. В. Таланов, В. Е. Писарев, В. А. Кузнецов, Ю. Н. Воронов, Э. Э. Керн, Е. В. Вульф, Н. Н. Иванов, Н. П. Кобранов, Н. Н. Кулешов, К. И. Пангало, Г. Д. Карпеченко, М. Г. Попов, Е. Н. Синская, Л. И. Говоров, М. А. Розанова, С. М. Букасов, В. И. Сазанов, Н. В. Ковалев, И. В. Палибин.

Огромный вклад в оформление научных статей для «Трудов» внесла фотографическая лаборатория, которая обслуживала все отделы Института. Лаборатория выполняла все виды съемки ботанических объектов, микросъемка, репродукции, изготовление диапозитивов и увеличений, проявление и печатание негативов, заснятых во время командировок, экспедиций. Также лаборатория осуществляла разработку методики съемки растительных объектов.

Заявленный тираж – 1000 экз., также не всегда был соблюден. Тираж с тома 17, вып. 3 по 27, вып. 5 составлял от 1065 до 1400 экз. Тома с 17, вып. 3 по т. 22, вып. 4 издавались Всесоюзным институтом прикладной ботаники и новых культур при СНК СССР, Государственным институтом опытной агрономии НКЗ РСФСР; с тома 22, вып. 5 по т. 24, вып. 5 – ВАСХНИЛ, Всесоюзным институтом прикладной ботаники и новых культур; с тома 25, вып. 1 по т. 27, вып. 5 – ВАСХНИЛ, Институтом растениеводства. Журнал продолжает выходить периодичностью 5 выпусков в год.

Связи Института с заграничными научными учреждениями постоянно набирали оборот, в том числе в обмен изданиями: в 1927/28 году «Труды» высылались 175 постоянным корреспондентам, несколько сотен книг было выслано по отдельным запросам. В свою очередь библиотека Института получала в обмен издания от 136 иностранных научных учреждений. Аналогичная связь поддерживалась с различными отечественными учреждениями и организациями: «Труды» были высланы 75 платным подписчикам и 350 бесплатным корреспондентам, значительное место среди данной категории корреспондентов занимали опытные и научно-исследовательские учреждения Союза, работающие в области прикладной ботаники и селекции. В обмен библиотека Института получала издания от 209 учреждений и организаций СССР.

В деле воплощения одной из основных задач Института, точнее, в деле объединения научной и практической работы в СССР, «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» занимали важнейшее место. В «Трудах» помещались работы не только сотрудников Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур и Государственного института опытной агрономии, но и иных научно-исследовательских, опытных и иных учреждений и организаций, в том числе союзных республик, при условии, что статьи по своему характеру подходят к «Трудам».

«В подавляющем большинстве случаев «Труды» распространяются бесплатно. Средства, получаемые от продажи изданий, сдаются в доход казны, хотя правильнее их было бы использовать опять-таки на расширение издательской деятельности, поскольку «Труды» являются единственным в СССР руководящим органом в области прикладной ботаники, генетики и селекции» (Plan, 1929, p. 51). Работы сотрудников Института авторским гонораром (как правило) не оплачивались. Данный порядок был заведен изначально при основании «Трудов» и был сохранен и на данном временном периоде издания журнала. Ученые и специалисты, опубликовавшие в «Трудах» свои научные работы и не являющиеся сотрудниками Института, получали авторский гонорар в зависимости от средней стоимости печатного листа.

В 1930 году Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур переименован во Всесоюзный институт растениеводства (ВИР). Основными задачами института Н. И. Вавилов считал мобилизацию мировых генетических ресурсов растений (как исходного материала селекции), обстоятельное и всестороннее их изучение для создания новых форм хозяйственно ценных растений по определенному плану, в том числе для выращивания в определенных климатических зонах. *«Научный коллектив ВИРа проводил огромную работу по сбору и изучению мировых растительных ресурсов. Уже в начале 30-х годов коллекция института насчитывала более 100 тысяч образцов культурных растений и их диких сородичей, которые тщательно изучались в различных эколого-географических зонах страны и служили исходным материалом для создания сортов практически всех сельскохозяйственных культур, возделываемых в стране, а также непосредственно внедрялись в производство. К середине 30-х годов ВИР занял ведущие позиции в системе научных растениеводческих учреждений страны. Он был базовым и первым институтом Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина и осуществлял подготовку научных кадров для расширяющейся сети научно-исследовательских учреждений. По масштабам исследований ВИР не знал себе равных. Богатый фактический материал служил основой для крупных теоретических обобщений, которые нашли свое отражение в трудах института»: «Культурная флора СССР», «Теоретические основы селекции растений», «Биохимия культурных растений» и др. В этот же период изданы крупные работы Н. И. Вавилова «Линнеевский вид как система» [(1931)], «Ботанико-географические основы селекции» [(1935)], «Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям» [(1935)], ВИР стал притягательным центром уникального исходного материала для многих селекционеров страны. На базе института была организована сеть государственного сортоиспытания. Институт играл руководящую роль в разработке методик сортоиспытаний и осуществлял контроль за работой сети. Ему принадлежала также ведущая роль в решении вопросов семеноводства и сортомены в стране»* (Vserossijskij, 1994, p. 6–7).

Общий исторический поток захватил и ВИР, требовались мощные преобразования, с сохранением наиболее прогрессивных черт старой русской науки.

«Институт растениеводства в послереволюционный период с 1918 по 1931 г. выпустил 17 томов «Трудов» в 72 выпусках, по объему почти равноценных дореволюционному тому

«Трудов», 33 тома «Приложений», 43 общедоступные книжки, 21 делектус и 36 отдельных изданий, общий объем которых равняется 3125 печатным листам, то есть в среднем по 240 печатных листов» (List of publications, 1933, p. 5–6).

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ (1932–1937 гг.)

Главным заданием Всесоюзного института растениеводства в довоенный период являлось научное обоснование мероприятий в области растениеводства, разработка методов исследований культурных растений, разработка новых научных проблем, синтез всей исследовательской работы, проводимой в пределах Советского Союза, и освещение достижений в мировом растениеводстве. Всесоюзный институт растениеводства с отделениями в союзных республиках в довоенный период засвидетельствовал себя как крупнейшее научно-исследовательское учреждение по растениеводству государственного и мирового значения. Изменилась организационная структура института, что, безусловно, повлияло и на издательскую деятельность. Перед ВИР были поставлены первоочередные задачи: необходимость тесной увязки ВИР со всей сетью растениеводческих научно-исследовательских учреждений, вновь созданных опорных пунктов, опытных станций, научных структур и подразделений, необходимость ускорения печатания научных работ, имеющих методологическое значение, необходимость обмена опытом между всеми учреждениями, быстрейшего использования иностранных достижений в сельском хозяйстве СССР.

В связи с перечисленными выше условиями, актуальным стал вопрос об изменении системы изданий института и, в частности, о реорганизации журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции». ВИР по-прежнему остался верен главным составляющим издания: все свои научные достижения, открытия, выдвигаемые институтом отображать в издаваемых научных трудах и специальных изданиях. Академик Н. И. Вавилов, возглавляющий редакционный комитет, обязывал сотрудников без исключения публиковаться вначале в «Трудах», а затем уже в других изданиях. В связи с необходимостью обеспечить издательству Всесоюзного института растениеводства твердую финансовую базу и общей для всего Союза директивой по переходу на хозрасчет, с 1 декабря 1932 года ВИР прекратил рассылку своих изданий всем учреждениям и отдельным лицам в порядке обмена изданиями. Все издания, кроме «Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» и серии А «Социалистическое растениеводство», высылались только наложенным платежом. Серия «Социалистическое растениеводство» высылалась всем учреждениям, от которых поступало сообщение о желательности получать эту серию в порядке обмена на свои издания.

Был подготовлен подробный план мероприятий по реорганизации журнала. С 1932 по 1940 гг. журнал планировалось издавать: общая серия и 16 специальных серий, но по факту, в период с 1932 по 1937 г. «Труды» были опубликованы: общая серия «Социалистическое растениеводство» и 13 отдельных серий (см. таблицу). Общее название журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» остается неизменным, но вводится новая нумерация с указанием номеров серии, согласно приведенному списку. Старое деление на выпуски и тома отменяется, и каждая серия будет выходить в отдельных выпусках: Сер. А, Социалистическое растениеводство – общие руководящие статьи по основным растениеводческим дисциплинам: прикладной ботанике, генетике, селекции, географии культурных растений, биохимии, агрофизиологии и др., по вопросам планирования сельского хозяйства и научно-исследовательской работы, по районированию, размещению культур, специализации сельского хозяйства и проч. – под общим заголовком «Социалистическое растениеводство»; Сер. Б, Специальные серии: ряд специальных серий по отдельным областям растениеводства, предназначенных для обслуживания специализированной сети научно-исследовательских учреждений (см. таблицу); Приложения к «Трудам» остаются в прежнем виде.

Правила предоставления рукописи к печати в большинстве своем остались прежними. Статьи, опубликованные в сериях «Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции», с незначительным исключением, сопровождаются иностранным резюме, представляющим краткое изложение работы. Резюме написаны на английском, немецком и французском языке, необходимым являлось предоставление и русского текста резюме. Большой интерес

представляет и иллюстрационный материал, сопровождающий научные статьи данного периода издания.

В период издания «Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» с 1932 по 1937 существовало три основных способа передачи анатомических картин: рисование, микрофотографирование и микрокиносъемка. *«Для рисования наблюдаемых в микроскоп объектов было изобретено большое количество различных приборов. В одних из них изображение передается на бумагу, как в волшебном фонаре, после чего видимые контуры препарата обводятся карандашом. В других аппаратах два изображения с различных мест совпадают между собою, проектируясь одновременно в сетчатке нашего глаза, благодаря чему легко удается видеть картину под микроскопом, а вместе с ней и карандаш с бумагой, на которую и зарисовывают эту картину. Достигается это или рисовальной призмой по Аббе, которая одевается на верхнюю часть тубуса микроскопа или рисовальным окуляром, употребляемом при наклоне микроскопа на 45°, или наконец помощью рисовального аппарата Аббе, который представляет сочетание призмы с зеркалом. При микрофотографировании изображение, видимое под микроскопом, проектируется на бромосеребряную пластинку. Далее на основе принципов, известных в обычной фотографии, изображение воспроизводится путем соответствующей химической обработки, а затем копируется на фотобумагу. Наконец, третий вид передачи микроскопических картин это, так называемая, микрокиносъемка. Микрокиносъемка по сути дела является дальнейшим развитием микрофотографии, давая целый ряд моментов состояния исследуемого объекта, заснятых на киноленту во время ее движения»* (Yakovlev, 1932, p. 53).

Авторский гонорар за статьи, публикуемые в «Трудах по прикладной ботанике, генетике и селекции», не оплачивался. Авторы получали по 25 оттисков работ.

В период с 1938 по 1947 гг. печатание «Трудов» временно приостановлено. Уже к концу 1937 года ситуация вышла из-под контроля, несмотря на утвержденные планы печатания работ, многие подготовленные работы в матрицах лежали годами, научные труды по селекции и генетике не выходили в свет по два-три года. Институт растениеводства находился в безвыходном положении, экстренные меры со стороны Академии не принимались. Директор ВИР академик Н. И. Вавилов в своем письме от 7 мая 1937 г. к А. И. Муралову, президенту ВАСХНИЛ, дает подробное описание состояния дел, способствующих прекращению печатания «Трудов» начиная с 1938 года: *«Считаю своим долгом сообщить, что никогда еще не было такого нелепого положения с издательством научных работ по Институту, в каком живем в настоящее время. Фактически приостановилось решительно всякое издательство и печатание трудов. Это объясняется тем, что специального параграфа или выделенных средств по институтам на печатание нет, поэтому институты фактически не могут печатать»*.

В ВИР, с самого начала его существования, издательской деятельности, в том числе изданию «Трудов» придавалось главенствующее значение, поэтому сложившаяся ситуация практически парализовала Институт на многие годы. За эти грозные годы ВИР пережил вместе со страной историческую драму: «чистку» института, политические репрессии, трагические дни Великой Отечественной войны, блокаду Ленинграда, но несмотря на все испытания ВИР сохранил свое главное богатство – коллекцию мировых генетических ресурсов. Восстановление института в послевоенные годы шло медленными темпами, августовская сессия ВАСХНИЛ (1948) практически поставила крест на Н. И. Вавилове, его соратниках, вавиловском научном наследии, «крамольной» генетике и т.д. Таким образом, «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», основанные Р. Э. Регелем (1908) и продолженные Н. И. Вавиловым, стали уникальным печатным изданием, в котором наиболее полно сосредоточено (без цензурных поправок в последующие годы) научное наследие ВИР за период с 1908 по 1937 гг.

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ (1948–1983 гг.)

В 1948 году первым выпуском 28 тома возобновляется издание работ Всесоюзного института растениеводства под названием «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» по томам и выпускам, как выходило это издание до 1932 года. Практика показала, что издание «Трудов» по сериям затрудняет возможность следить за выпуском «Трудов» и

последовательностью из серийных выпусков. Первый выпуск 28 тома выходит последующим номером после 27 тома, изданного в 1931 году, таким образом, введена продолжающаяся нумерация трудов, т. 28–74 (1948–1983). Каждый том обычно содержит 3 выпуска. Начиная с тома 29, вып. 2 (1952) каждый выпуск журнала посвящается той или иной культуре, проблеме, деятельности конкретного структурного подразделения, включая опытные станции ВИР. Издание приложений прекращается, единственным исключением является приложение к тому 40 (1969). Не были изданы т. 74, вып. 3 (1983 г.) и т. 75.

Далее «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» издаются под собственным названием каждый том (т. 76–82, 1983 г.), ежегодно по плану семь томов.

Суммируя выше сказанное констатируем: научные труды ВИР под названием «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» издавались с 1948 по 1983 г. (т. 28–82). Учредителями «Трудов» были: ВАСХНИЛ, ВИР (1948–1960); Министерство сельского хозяйства СССР, ВИР (1962–1965); ВАСХНИЛ, ВИР (1965–1983). Тираж: 800–2000 экз. (1948–1975); 1000 экз. (1976–1979); 600–1000 (1980–1983).

Указание параллельного названия «Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» на английском языке «*Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding*» возобновляется с тома 33, вып. 2 (1963). Параллельное название организаций на английском языке в области ответственности появляется, начиная с тома 54, № 1. Начиная с 31 тома, выпуск 3 (1958) к научным статьям прилагается резюме на иностранном (английском) языке.



РЕГЕЛЬ Р. Э.



ВАВИЛОВ Н. И.



ЭЙХФЕЛЬД И. Г.



ЖУКОВСКИЙ П. М.



СИЗОВ И. А.



БРЕЖНЕВ Д. Д.



ДОРОФЕЕВ В. Ф.



БУДИН К. З.



ДРАГАВЦЕВ В. А.



ДЗЮБЕНКО Н. И.

Рис. 1. Главные редакторы журнала

«Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» за период с 1908 по 2017 г.

Fig. 1. Chief Editors of the journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding* from 1908 through 2017

В издаваемых ВИР «Трудах по прикладной ботанике, генетике и селекции» публикуются статьи научных сотрудников, аспирантов Института и его опытных станций по вопросам изучения мировой коллекции растительных ресурсов как исходного материала для селекции, а также теоретические и методические исследования.

Впервые упоминание о том, что «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» издаются с 1908 года, встречается в томе 50, № 1, далее начиная с тома 51, № 1 указывается во всех номерах: «Издаются с 1908 г.» = «Published since 1908». В тексте предисловия к юбилейному 50 тому (1973) редколлегия обобщает ценность публикационной деятельности ВИР для научной общественности: «За 66 лет опубликовано более 400 книг общим объемом до 5500 печ. листов. Роль Трудов всегда была велика и многообразна. В них помещались оригинальные материалы по самым различным проблемам и методическим вопросам использования мировых растительных ресурсов. Подробное изучение их проводилось (и проводится) в аспектах – систематики, классификации, эволюции, географии и истории культурных растений, частной физиологии, анатомии, генетики, селекции, биохимии, технологии, агроклиматологии и т.д. В настоящее время ВИР издает ежегодно семь выпусков Трудов, восемь номеров бюллетеней, а также каталоги, методические указания – всего около 600 печ. листов. Наши издания поступают в 47 стран обоих полушарий, реферируются международными информационными вестниками *Plant Breeding Abstracts*, *Herbage Abstracts*, *Field Crop Abstracts*, *Landwirtschaftliches Zentralblatt* и др.».

Редакционную коллегию возглавляли: т. 28 (1948–1950) И. Г. Эйхфельд; т. 29 – 34, вып. 2 (1951–1961) П. М. Жуковский; т. 34, вып. 3 – т. 36 (1962–1964) И. А. Сизов; т. 37, вып. 2 – т. 63, вып. 2 (1965–1978) Д. Д. Брежнев; т. 63, вып. 3 – т. 82 (1979–1983) В. Ф. Дорофеев (см. рис. 1). В состав редколлегии в период с 1948 по 1983 гг. входили видные ученые: С. М. Букасов, Е. Н. Синская, П. Г. Чесноков, Н. Р. Иванов, В. И. Разумов, Т. Я. Зарубайло, А. П. Иванов, Ф. К. Тетерев, Н. Г. Хорошайлов, М. М. Якубцинер, Д. В. Тер-Аванесян, П. А. Лубенец, Е. А. Малюгин, А. Е. Кожин, П. П. Сидоров, К. З. Будин, В. Ф. Дорофеев, А. Я. Камераз, В. Г. Конарев, В. В. Никитин, З. Д. Артюгина, В. Л. Витковский, Ф. Д. Лихонос, А. Я. Трофимовская, В. И. Кривченко, Ф. А. Блинова, Г. Г. Давидян, В. Д. Кобылянский и пр.

В 1967 году Всесоюзному институту растениеводства присвоено имя Николая Ивановича Вавилова, в том же году Институт награжден орденом Ленина, с тома 38, вып. 3 (1968) в области сведений об ответственности «Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» значится: Всесоюзный ордена Ленина институт растениеводства имени Н. И. Вавилова. В 1975 году Институт награжден орденом Дружбы народов, с тома 54, вып. 2 (1975) в области сведений об ответственности «Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» значится: Всесоюзный ордена Ленина и ордена Дружбы народов научно-исследовательский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ (1984–1993)

В 1984 году Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР), являющийся в 80-х годах прошлого века единственным научным учреждением России, осуществляющим в плановом порядке сбор, изучение и сохранение генетических ресурсов земного шара, во главе с директором ВИР, главным редактором академиком ВАСХНИЛ, профессором В. Ф. Дорофеевым, принимает решение о переименовании «Трудов». С тома 83 (1984 г.) «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» выходят под названием «Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции», сохраняется принятая ранее продолжающаяся нумерация томов. Параллельное заглавие на английском языке: «*Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding*» (см. таблицу). Учредителями и издателями томов 83–149 (1984–1993) являются ВАСХНИЛ (РАСХН), ВИР.

В 1992 году Институт переименован во Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова Российской академии сельскохозяйственных наук. Единственным исключением на данном временном этапе является том 144 (1991), в котором в качестве учредителя приводится отличное от общепринятого название ВИР: Вавиловский институт мировых генетических ресурсов растений (ВИР).

В научных статьях отражаются основные направления научной исследовательской деятельности ВИР и его опытной сети. Особое внимание уделяется разработке и усовершенствованию комплексных методов изучения и оценки образцов коллекций с целью ускоренного выделения нового исходного материала для селекции, мобилизации растительных

ресурсов путем экспедиционных сборов, привлечению в мировую коллекцию генетических ресурсов ВИР видового и сортового разнообразия культурных растений и их диких родичей: «Изучение растительных ресурсов в сухих субтропиках СССР» (т. 83, 1984), «Агробиологические исследования генофонда культурных растений в Средней Азии» (т. 88, 1984), «Результаты изучения сортов овощных и плодовых культур на Северном Кавказе для селекционных целей» (т. 97, 1985 г.), «Генофонд культурных растений для селекции в условиях орошаемого земледелия Южного Дагестана (т. 98, 1985), «Белковые маркеры в сортовой идентификации генетических ресурсов культурных растений» (т. 114, 1987) и пр. Востребованным читателями журнала стал том «Генофонд сельскохозяйственных растений и его использование в современной селекции» (т. 100, 1987), в котором представлены статьи, посвященные использованию и развитию научного наследия академика Н. И. Вавилова.

Состав редакционной коллегии журнала был сформирован из специалистов ВИР – кандидатов и докторов наук, внесших значительный вклад в развитие биологии, генетики и селекции растений. Главный редактор журнала: т. 83 – 107 (1984–1986) – директор ВИР, академик В. Ф. Дорофеев; т. 110–149 (1987–1993) – академик К. З. Будин, заместитель главного редактора – директор ВИР (1987–1990), доктор с.-х. наук В. И. Кривченко; в качестве заместителей главного редактора в редакционную коллегию входили также: доктор с.-х. наук В. Д. Кобылянский, академик В. Г. Конарев. Членами редакционной коллегии, ответственными редакторами и рецензентами томов «Сборника научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» стали ведущие ученые: В. Л. Витковский, Ф. А. Блинова, М. Г. Агаев, Я. С. Нестеров, Г. В. Боос, О. Д. Быков, А. Г. Зыкин, А. И. Иванов, А. И. Коровин, А. Ф. Мережко, Э. Т. Мещеров, Л. И. Орел, Р. А. Удачин, Г. В. Удовенко, М. Ш. Фраер, Г. Е. Шмараев, Н. П. Ярош, Г. С. Галеев, Л. А. Бурмистров, Т. Я. Зарубайло, Н. М. Чекалин, С. И. Репьев, Г. Г. Давидян, В. М. Космачев, А. В. Пухальский, А. М. Медведев, А. Т. Муллаев, В. И. Буренин, Л. В. Семенова, Г. В. Еремин, Т. Б. Фурса, А. И. Ермаков, Ю. С. Павлухин, И. М. Суриков, Н. К. Лемешев, С. Н. Бахарева, Н. Н. Чикида, Б. В. Ригин, Б. С. Курлович, В. Ф. Чапурин, Л. Е. Горбатенко, О. Г. Козырева и др.

«Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции» выходил тиражом 500–1000 экземпляров. «Физиологические основы продуктивности растений и факторы внешней среды» (т. 149, 1993) – том, ставший завершающим «Сборником» перед переименованием журнала.

В 1994 году ВИР отметил свое 100-летие со дня основания, в свет вышел исторически значимый сборник «Соратники Николая Ивановича Вавилова: исследователи генофонда растений» (СПб., 1994 г.). Юбилейный номер журнала в печать не вышел.

С 1994 по 1996 гг. печатание журнала временно приостановлено, тома 108 и 109 не были изданы из-за отсутствия финансирования. В сложных условиях, в которые была поставлена российская наука, журнал сумел выжить, преодолевая тяжелейшие материальные и организационные обстоятельства, возобновить регулярный выход томов. В том, что журнал продолжил свой путь, после празднования 100-летия Учредителя, несомненная заслуга научного коллектива ВИР и, в частности, редакции.

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ (1997–2018)

Редакционная коллегия во главе с главным редактором – директором ВИР (1990–2005 гг.), академиком В. А. Драгавцевым (см. рис. 1), определяющим цели, направления и характер информационной политики журнала, принимает коллегиальное решение, начиная с т. 150 (1997) переименовать «Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции», вернув старое название основного печатного органа ВИР – «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», с продолжающейся последовательной нумерацией томов. Параллельное заглавие на английском языке также подверглось изменениям: «*Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding*» (т. 150–161, 164–168), *Works on applied botany, genetics and plant breeding* (т. 162, 163). В 2012 году (т. 169) указывается новое английское название журнала, которое становится официальным и единственным параллельным названием на английском языке по сегодняшний день – «*Proceedings on applied botany, genetics and breeding*» (см. таблицу). В течение данного периода, неоднократным переименованием подверглись названия организаций учредителей и издателей журнала: РАСХН, ГНЦ РФ ВИР;

РАСХН, ВИР Россельхозакадемии; ФАНО, Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова; ФАНО, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР); с августа 2018 года – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВИР.

Главный редактор журнала: т. 150–160 (1997–2003) – директор ВИР, академик РАН, профессор В. А. Драгавцев (см. рис. 1); в состав редакционной коллегии, ответственных редакторов, рецензентов включены были ученые-исследователи в сфере мобилизации, сохранения, всестороннего изучения и использования растительных ресурсов: В. Г. Конарев, Л. В. Сазонова, Г. В. Еремин, А. А. Альдеров, Л. Е. Горбатенко, С. Н. Кутузова, Н. И. Дзюбенко, Е. И. Гаевская, А. В. Конарев, А. Ф. Мережко, В. Д. Кобылянский, В. Л. Витковский, Э. А. Гончарова, Л. А. Лутова, М. А. Вишнякова, Г. И. Разоренов, Г. Е. Шмараев, В. И. Буренин, О. П. Митрофанова, И. Г. Лоскутов, Е. Е. Радченко, Т. И. Кирносова, А. А. Грушин и др.

В 2005 году в Институте происходят кадровые изменения. Пост директора ВИР (2005–2018) и главного редактора «Трудов» т. 161–179, вып. 1 (2007–2018) одновременно занимает доктор биологических наук, профессор Н. И. Дзюбенко. Под руководством Н. И. Дзюбенко (см. рис. 1) издание «Трудов» осуществляли члены редколлегии, сотрудники ВИР: О. П. Митрофанова (зам. гл. редактора), Л. В. Сазонова, В. И. Буренин, А. В. Конарев, С. Д. Киру, И. Г. Лоскутов, Е. Е. Радченко, И. Н. Анисимова, Е. И. Гаевская, С. М. Алексанян, Т. Н. Смекалова, Н. П. Лоскутова, Л. А. Бурмистров, В. А. Гаврилова, И. А. Косарева, В. А. Кошкин, Е. К. Потокина, О. И. Романова, О. В. Солодухина, А. А. Юшев, Н. Б. Брач, Ю. В. Чесноков, М. А. Вишнякова, И. А. Звейнек, Л. Ю. Шипилина и др.

С 1997 по 2013 год (т. 150–174) «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» издаются, в большинстве своем, под собственным названием каждый том, составителями отдельных томов являлись отделы генетических растительных ресурсов, методические отделы, лаборатории и опытные станции ВИР: «Изучение генофонда растений в южном Дагестане» (т. 150, 1997), «Скрининг генетических ресурсов овощных и бахчевых культур» (т. 157, 1999), «Изучение генофонда культурных растений в условиях Нижнего Поволжья» (т. 160, 2003), «Генетические ресурсы плодовых, ягодных культур и винограда: сохранение и изучение» (т. 161, 2007), «Генетические ресурсы овса, ржи, ячменя» (т. 162, 2006), «Генетические ресурсы масличных и прядильных культур» (т. 167, 2011). Издавались тома, посвященные юбилейным датам: 115-летию ВИР (т. 166, 2009), 120-летию (т. 164, 2007) и 125-летию со дня рождения академика Н. И. Вавилова (т. 169, 2012).

В течение двух лет (2004–2005) журнал не издавался.

Издание журнала было возобновлено в 2006 году, с продолжающейся нумерацией томов. Тираж в период 1997–2018 гг. от 100 до 400 экземпляров, в течение последних пяти лет тираж – 300.

На протяжении практически всей своей истории журнал «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», публикуя в основном обзорные, аналитические, теоретические научные работы сотрудников ВИР и его опытной сети, расположенной в различных природно-климатических зонах, результаты экспериментальных исследований генетических ресурсов в области ботаники, агробиологии, генетики, иммунитета, физиологии, биохимии, молекулярной биологии, селекции растений выполнял поставленные перед ним цели и задачи, но время внесло свои коррективы и журналу ВИР, как и многим отечественным журналам, пришлось принять меры по соответствию современным требованиям к научному журналу.

В 2013–2014 гг. новый ответственный секретарь «Трудов» к.б.н. Л. Ю. Шипилина проводит огромную работу по выполнению современных требований к научному уровню и качеству выпускаемого журнала. Начиная с т. 175 (2014), при сохранении продолжающейся нумерации томов, журнал выходит четырьмя выпусками в год.

Сегодня журнал «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, включенных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации в список изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), БД AGRIS.

Главным редактором журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» в 2018 году становится Врио директора ВИР, профессор РАН, доктор биологических наук Е. К. Хлесткина. Журнал имеет международную редколлегию и международный редакционный совет. Заместителями главного редактора являются ведущие российские ученые: д.б.н., проф. И. Г. Лоскутов, д.б.н., проф. М. А. Вишнякова, д.б.н. О. П. Митрофанова (рис. 2).

Важнейшими задачами журнала являются: усиление интеграции фундаментальной науки и прикладных исследований в ботанике, генетике и селекции; освещение результатов междисциплинарных исследований в сфере биологических и сельскохозяйственных наук; усиление интеграции российских ученых в международное научное сообщество.



ХЛЕСТКИНА Е. К.
Гл. редактор

ЛОСКУТОВ И. Г.
Зам. гл. редактора

ВИШНЯКОВА М. А.
Зам. гл. редактора

МИТРОФАНОВА О. П.
Зам. гл. редактора

ШИПИЛИНА Л. Ю.
отв. секретарь

Рис. 2. Редакционная коллегия

«Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции», 2018 год

Fig. 2. Editorial Board of *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2018

Журнал имеет свой сайт на русском и английском языке, ведутся работы по созданию единого стиля, типового сайта для всех журналов ВИР: «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», «Биотехнология и селекция растений», «VAVILOVIA». Кадровый состав редакции ВИР позволяет с 2018 года осуществлять профессиональное редактирование англоязычного контента журнала, работает система рецензирования, научным статьям журнала присваивается DOI, обеспечен свободный, бесплатный доступ к научным статьям «Трудов» в сети Интернет. Коллективом единомышленников во главе с главным редактором ведется активная подготовительная работа по размещению журнала в международных научных базах цитирования.

В заключение хочется сказать о том, что журнал «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» – это непрерывный поток научных работ по ботанике, генетике, селекции, смежным наукам, фиксирующий зарождение научной мысли, развитие, результаты и завершение какого-либо исследования, эксперимента, явления, процесса. На протяжении 110 лет Журнал и Институт были неразрывно связаны. «Да, в ВИРе <...> достаточно патриотов своих культур, своей науки, института. На них-то все и держится. На тех, кто на дальних и ближних станциях, вдали от столиц, на земле, в лабораториях поддерживает и изучает, на тех, кто ведет за собой своих коллег и воспитывает учеников, и на тех, кто свою жизнь связал с ВИРом, хотя и не достиг степеней и званий. Обратимся с благодарностью к нашим предшественникам, оставившим нам в наследство этот ВИР. Они смогли сберечь его и не в такие времена. И для большинства нынешних вироцев сохранить свое дело – значит не потерять смысл жизни...» (Konarev A. V., 1994, p. 60).

Таблица. Переименования журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» за период с 1908 по 2018 г.
 Table. Renamings of the journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding* in the period from 1908 through 2018

ТРУДЫ БЮРО ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ				
1908–1914	1, № 1 – 7, № 6	Труды Бюро по прикладной ботанике	Bulletin des Bureau für angewandte Botanik (Т. 1, № 1 – Т. 3, № 12. 1908–1910); Bulletin für angewandte Botanik (Т. 4, № 1 – Т. 7, № 9. 1911–1914)	
ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ				
1914–1915	7, № 7 – 8, № 8	Труды по прикладной ботанике	Bulletin of applied Botany (Т. 7, № 10 – Т. 10, № 7/10. 1914–1917).	
ТРУДЫ БЮРО ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ				
1915–1917	8, № 9 – 10, № 7/10	Труды Бюро по прикладной ботанике	Bulletin of applied Botany	9 (1916), № 12 – не издан; 10 (1917), № 11 – не издан. См.: [Рукопись] // РГИА. Ф. 382. Оп. 9. № 211. Л. 1–112; 10 (1917), № 12 – не издан
ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ И СЕЛЕКЦИИ				
1918–1927	11, № 5/6 – 17, вып. 2	Труды по прикладной ботанике и селекции	Bulletin of applied botany and selection (Т. 11, № 5/6. 1918); Bulletin of applied botany and plant-breeding (Т. 12 (1921), вып. 1 – Т. 17 (1927), вып. 2. 1922–1927)	11(1918), № 1–4 – не изданы; 11(1918), № 7–12 – не изданы; 12 (1921), вып. 2–5 – не изданы; 13 (1922/23), вып. 5 – не изданы.
ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ				
1927–1931	17, вып. 3 – 27, вып. 5	Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции	Bulletin of applied botany, of genetics and plant breeding	Вариант: Bulletin of applied botany, of genetics and plant-breeding
1932–1937	Серии	Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Сер.	Bulletin of applied botany, of genetics and plant breeding. Ser.	
1932–1937	Сер. А. № 1 – 21	Социалистическое растениеводство	Socialistic plant industry = Plant industry in USSR	
1932–1937	Сер. Б.	Специальные серии	Special series	Сер. Б. (издано 13 серий, 3 – не изданы):
		Сер. I, Систематика, география и экология растений	Ser. I, Taxonomy, geography and ecology of plants = Ser. I, Papers on the taxonomy, ecology and geography of plants	Сер. XII, Сорные растения = Ser. XII, Weeds – не изданы;
		Сер. II, Генетика, селекция и цитология растений	Ser. II, Genetics, plant breeding and cytology = Ser. II, Genetics, plant breeding and cytology of plants	Сер. XIV, Освоение пустынь = Ser. XIV, Desert reclamation – не изданы;
		Сер. III, Физиология, биохимия и анатомия растений	Ser. III, Physiology, biochemistry and anatomy of plants	Сер. XVI, Работы станций ВИР = Ser. XVI, Papers of the experiment stations of the Institute of Plant Industri – не изданы.
		Сер. IV, Семеноведение и семенной контроль	Ser. IV, Seed science and seed testing	
		Сер. V, Зерновые культуры	Ser. V, Grain crops	
		Сер. V-A, Пшеница	Ser. V-A, Wheat	
		Сер. VI, Овощные, бахчевые, клубнеплодные и корнеплодные	Ser. VI, Vegetables, cucurbits, tuber and root crops = Ser. VI, Vegetables	

		культуры = Сер. VI, Овощные культуры Сер. VII, Кормовые культуры Сер. VIII, Плодовые и ягодные культуры = Сер. VIII, Плодовые и ягодные культуры = Сер. VIII, Плодовые и ягодные культуры Сер. IX, Технические культуры Сер. X, Дендрология и декоративное садоводство Сер. XI, Новые культуры и вопросы интродукции Сер. XIII, Рефераты и библиография Сер. XV, Северное (приполярное) земледелие	Ser. VII, Forage crops = Ser. VII, Forage and pasture plants Ser. VIII, Fruit and berry growing = Ser. VIII, Fruit growing = Ser. VIII, Fruits and small fruits Ser. IX, Technical plants Ser. X, Dendrology and ornamental horticulture Ser. XI, New cultures and questions of introduction = Ser. XI, New crops and problems of introduction Ser. XIII, Reviews and bibliography = Ser. XIII, Abstracts and bibliography Ser. XV, Northern (subarctic) agriculture	
1948-1983	28, вып. 1 – 82	Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции	Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding	74 (1983), вып. 3 – не издан; 75 (1983) – не издан.
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ				
1984-1993	83 – 149	Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции	Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding	108, 109 (1986) – не изданы.
ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ				
1997-2018	150 – 179	Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции	Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding (Т. 150 – Т. 161. 1997–2007); Works on applied botany, genetics and plant breeding (Т. 162 – Т. 163. 2006–2007); Bulletin of applied botany, of genetics and plant breeding (Т. 164. – Т. 168. 2007–2011); Proceedings on applied botany, genetics and breeding (Т. 169 – 179. 2012–2018).	в т. 169, 170, 171, 173 параллельно на обл. приводилось старое название «Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding». Начиная с тома 169 при цитировании следует использовать офиц. название.

References/Литература

- Charles Naudin* // Bulletin of applied botany, genetics and plant-breeding. 1930, vol. 23, no. 3, pp. 1–3 [in Russian] (*Шарль Ноден* – Charles Naudin // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1930. Т. 23, вып. 3. С. 1–3).
- Fedotova A. A., Goncharov N. P.* Byuro po prikladnoj botanike v gody Pervoj mirovoj vojny : sbornik dokumentov. St. Petersburg : Nestor-Istoriya, 2014. 268 p. [in Russian] (*Федотова А. А., Гончаров Н. П.* Бюро по прикладной ботанике в годы Первой мировой войны : сборник документов. СПб. : Нестор-История, 2014. 268 с.).
- Flaksberger K. A.* Robert Eduardovich Regel, April 15 (27), 1867 – January 7 (20), 1920 // Bulletin of applied botany and plant-breeding. 1922, vol. 12 (1921), iss. 1, pp. 3–24 [in Russian] (*Фляксбергер К. А.* Роберт Эдуардович Регель, 15 (27) апреля 1867 г. – 7 (20) января 1920 г. // Тр. по прикладной ботанике и селекции. 1922. Т. 12 (1921), вып. 1. С. 3–24).
- Konarev A. V.* The N. I. Vavilov All-Russia institute of plant industry marks its centenary. St. Petersburg, 1994. 64 p. [in Russian] (*Конарев А. В.* Всероссийскому институту растениеводства имени Н. И. Вавилова 100 лет. СПб., 1994. 64 с.).
- Kratkij otchet* Byuro po prikladnoj botanike za 1913 god // Bulletin of applied Botany. 1914, vol. 7, no. 6, pp. 387–400 [in Russian] (*Краткий отчет* Бюро по прикладной ботанике за 1913 год // Тр. Бюро по прикладной ботанике. 1914. Т. 7, № 6. С. 387–400).
- List of publications* of the Institute of plant industry, 1908–1931. Leningrad, 1933. 182 p. [in Russian] (*Список изданий* Всесоюзного института растениеводства, 1908–1931. Л., 1933. 182 с.).
- Malzev A.* Tekushhie svedeniya o Byuro po prikladnoj botanike // Bulletin of applied Botany. 1916, vol. 9, no. 5, pp. 245–252 [in Russian] (*Мальцев А.* Текущие сведения о Бюро по прикладной ботанике // Тр. Бюро по прикладной ботанике. 1916. Т. 9, № 5. С. 245–252).
- Nauchnoe nasledstvo.* Т. 5: Nikolaj Ivanovich Vavilov. Iz ehpistoalyarnogo naslediya. 1911–1928 gg. Moscow : Nauka, 1980. 427 p. [in Russian] (*Научное наследство.* Т. 5: Николай Иванович Вавилов. Из эпистолярного наследия. 1911–1928 гг. М. : Наука, 1980. 427 с.).
- Nikolai Ivanovich Vavilov : Scientific heritage in letters: (International correspondence).* Vol. 1. М. : Nauka, 1994. 556 p. [in Russian] (*Николай Иванович Вавилов : научное наследие в письмах : (международная переписка).* В 6 т. Т. 1. Петроградский период, 1921–1927. М. : Наука, 1994. 556 с.).
- Ot redakcii / red.* // Bulletin of applied botany and plant-breeding, 1923, vol. 13 (1922-1923), no. 1, p. 1 [in Russian] (*От редакции / ред.* // Тр. по прикладной ботанике и селекции. 1923. Т. 13 (1922–1923), № 1. С. 1).
- Ot redakcii / red.* // Bulletin of applied botany and plant-breeding, 1924, vol. 13 (1922-1923), no. 4, p. 3. [in Russian] (*От редакции / ред.* // Тр. по прикладной ботанике и селекции. 1924. Т. 13 (1922–1923), № 4. С. 3).
- Ot redakcii / red.* // Bulletin of applied Botany. 1913, vol. 6, no 1. p. 35 [in Russian] (*От редакции / ред.* // Тр. Бюро по прикладной ботанике. СПб., 1913. Т. 6, № 1. С. 35).
- Ot redakcii* // Bulletin of applied botany and celection. 1918, vol. 11, no. 5-6, p. [1]. [in Russian] (*От редакции* // Тр. по прикладной ботанике и селекции. 1918. Т. 11, № 5-6. С. [1]).
- Ot redakcii* // Bulletin of applied Botany. 1912, vol. 5 : Index, p. [1]. [in Russian] (*От редакции* // Тр. Бюро по прикладной ботанике. 1912. Т. 5 : Указатель. С. [1]).
- Ot redakcii* // Bulletin of applied Botany. 1915, vol. 8, no. 4/5, p. 767 [in Russian] (*От редакции* // Тр. Бюро по прикладной ботанике. 1915. Т. 8, № 4/5. С. 767).
- Plan of work* of the Institute of Applied Botany and New Cultures for the years 1927/28-1931/32: (Scheme). Leningrad, 1928 (1929). 215 p. [in Russian] (*Перспективный план работ* Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур на пятилетие 1927/28–1931/32 гг. : проект. Л., 1928 (1929). 215 с.).
- Postanovleniya* Oblastnogo s'ezda po selektsii i semenovodstvu, prokhodivshego v S.-Peterburge, 20-26 yanvara 1912 g. St. Petersburg : Tip. Rassvet, 1912, 36 p. [in Russian] (*Постановления* Областного съезда по селекции и семеноводству, проходившего в С.-Петербурге, 20-26 января 1912 г. СПб. : Тип. Рассвет, 1912. 36 с.).
- Regel R. E.* Organizatsiya i deyatelnost' Byuro po prikladnoj botanike za pervoe dvadtsatiletie ego sushhestvovaniya (27 okt. 1894 – 27 okt. 1914) // Bulletin of applied Botany. 1915, vol. 8, no. 4/5, pp. 327–723 [in Russian] (*Регель Р. Э.* Организация и деятельность Бюро по прикладной ботанике за первое двадцатилетие его существования (27 окт. 1894 - 27 окт. 1914) // Тр. Бюро по прикладной ботанике. 1915. Т. 8, № 4/5. С. 327–723).
- Soobshhenie* redaktsii «Trudov» // Bulletin of applied Botany. 1916, vol. 9, no 3, [1] с. [in Russian] (*Сообщение* редакции «Трудов» // Труды Бюро по прикладной ботанике. 1916. Т. 9, № 3. [1] с.).

- The Institute of Applied Botany and New Cultures and Bureau of Applied Botany and Plant Breeding of the State institute of Experimental Agronomy, 1917-1927. Leningrad, 1927. 52 p. [in Russian] (Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур и отдел прикладной ботаники и селекции Государственного института опытной агрономии, 1917-1927. Л., 1927. 52 с.).*
- To readers // Bulletin of applied botany, of genetics and plant-breeding, 1927, vol. 17, no. 3, pp. 1–2 [in Russian] (К читателям // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1927. Т. 17, вып. 3. С. 1–2).*
- Vavilov N. I. Otdel prikladnoj botaniki i seleksii Gosudarstvennogo instituta opytnoj agronomii // Zakonomernosti v izmenchivosti rastenij. Organizatsiya i rezul'taty rabot otdela prikladnoj botaniki i seleksii Gosudarstvennogo instituta opytnoj agronomii. St. Petersburg : Novaya derevnya, 1924, pp. 21–36 [in Russian] (Вавилов Н. И. Отдел прикладной ботаники и селекции Государственного института опытной агрономии // Закономерности в изменчивости растений. Организация и результаты работ отдела прикладной ботаники и селекции Государственного института опытной агрономии. СПб. : Новая деревня, 1924. С. 21–36).*
- Vavilov N. I. The present problems of plant industry. (The vegetable riches of the earth and their utilization) // Bulletin of applied botany and plant-breeding, 1925. vol. 14, no. 5, p 1–17 [in Russian] (Вавилов Н. И. Очередные задачи сельскохозяйственного растениеводства. (Растительные богатства земли и их использование) // Тр. по прикладной ботанике и селекции. 1925. Т. 14, вып. 5. С. 1–17).*
- Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut rastenievodstva imeni N. I. Vavilova. St. Petersburg : VIR, 1994. 46 p. [in Russian] (Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова. СПб. : ВИР, 1994. 46 с.).*
- Vyработанный Biogeograficheskoy komissiej Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshhestva projekt mezhdunarodnoj transkriptsii russkikh geograficheskikh nazvanij, sobstvennykh imen i voobshhe russkikh slov pri pomoshhi prostykh sochetanij bukv chistogo latinskogo // Bulletin of applied Botany. 1915, vol. 8, no 1/2 (77), pp. 5–7 [in Russian] (Выработанный Биogeографической комиссией Императорского Русского географического общества проект международной транскрипции русских географических названий, собственных имен и вообще русских слов при помощи простых сочетаний букв чистого латинского // Тр. Бюро по прикладной ботанике. 1915. Т. 8, № 1/2 (77). С. 5–7).*
- Yakovlev M. S. Simple method of photographing microscopical objects // Bulletin of applied botany, of genetics and plant breeding. Series A, Socialistic plant industry. 1932. no 3, p. 53–66. [in Russian] (Яковлев М. С. Простой метод фотографирования микроскопических объектов // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, Сер. «А». 1932. № 3. С. 53–66).*

Научное издание

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 179, ВЫПУСК 3**

Научный редактор *Е. А. Соколова*
Компьютерная верстка *И. И. Еремеев*
Корректор *Ю. С. Чепель-Малая*

Подписано в печать 20.06.2018. Формат бумаги 70×100 ¹/₈
Бумага офсетная. Печать офсетная
Печ. л. 90 Тираж 300 экз. Зак.1909/18

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 42, 44

ООО «Р – КОПИ»
Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6^Б