

N. I. VAVILOV ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE
OF PLANT INDUSTRY (VIR)

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

volume 176
issue 1



Editorial board

O. S. Afanasenko, B. Sh. Alimgazieva, I. N. Anisimova, G. A. Batalova, L. A. Bespalova, N. B. Brutch, Y. V. Chesnokov, I. G. Chukhina, A. Diederichsen, N. I. Dzyubenko (Chief Editor), E. I. Gaevskaya (Deputy Chief Editor), K. Hammer, A. V. Kilchevsky, M. M. Levitin, I. G. Loskutov, N. P. Loskutova, S. S. Medvedev, O. P. Mitrofanova, A. I. Morgunov, H. A. Muminjanov, E. K. Potokina, E. E. Radchenko, I. Rashal, A. V. Rodionov, N. I. Savelyev, Z. Sh. Shamsutdinov, L. Y. Shipilina (Executive Secretary), M. M. Silantyeva, Y. M. Sivolap, I. A. Tikhonovich, J. Turok, E. K. Turuspekov, M. A. Vishnyakova.

Editor in charge of this issue: *E. I. Gaevskaya*

ST. PETERSBURG

2015

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

**том 176
выпуск 1**



Редакционная коллегия

Б. Ш. Алимгазиева, И. Н. Анисимова, О. С. Афанасенко, Г. А. Баталова, Л. А. Беспалова, Н. Б. Брач, М. А. Вишнякова, Е. И. Гаевская (зам. гл. редактора), А. Дидериксен, Н. И. Дзюбенко (главный редактор), А. В. Кильчевский, М. М. Левитин, И. Г. Лоскутов, Н. П. Лоскутова, С. С. Медведев, О. П. Митрофанова, А. И. Моргунов, Х. А. Муминджанов, Е. К. Потокина, Е. Е. Радченко, И. Рашаль, А. В. Родионов, Н. И. Савельев, Ю. М. Сиволап, М. М. Сирантьева, И. А. Тихонович, Й. Турок, Е. К. Турусбеков, К. Хаммер, Ю. В. Чесноков, И. Г. Чухина, З. Ш. Шамсутдинов, Л. Ю. Шитилина (отв. секретарь).

Ответственный редактор выпуска *Е. И. Гаевская*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2015

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 176.
Вып. 1. СПб.: ВИР, 2015. 126 с.

Представлены результаты изучения и формирования коллекций мировых генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей. Показан неоценимый вклад современных ученых ВИР в развитие генетики мейоза кукурузы и становление основных направлений селекции ржи в России. Приведены данные изучения изменчивости важнейших биологических и хозяйственно-ценных признаков у мирового разнообразия образцов зерновых, зерновых бобовых, прядильных, плодовых культур и картофеля в различных эколого-географических регионах Российской Федерации. Описаны выявленные и созданные источники и доноры ценных генов, сформированные признаковые и генетические коллекции для использования в селекционных программах разных регионов. Представлены и охарактеризованы новые сорта, созданные на основе источников и доноров в качестве исходного материала для селекции.

Табл. 21, рис. 31, библиогр. 160 назв.

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

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. V. 176.
I. 1. SPb: VIR, 2015. 126 p.

This issue presents the data obtained while studying and managing the worldwide genetic resources of cultivated plants and their wild relatives preserved at VIR. It is shown that the Institute's contemporary scientists have made fundamental contribution to the development of meiosis-specific maize genetics and basic breeding trends of rye in Russia. Global gene pools of cereals, grain legumes, fibre crops, fruit-bearing plants and potato have been studied in different ecogeographic environments of the Russian Federation to analyse variability of the most important biological and economic traits, and the results of these studies are under discussion. Sources and donors of valuable genes identified and developed during the work with the collections are described. For utilization in various regional breeding programmes, trait-specific and gene collections have been established. Presented and characterized here are the new cultivars developed on the basis of sources and donors identified as promising for plant breeding.

Tabl. 21, fig. 31, bibl. 160.

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

**ИСТОРИЯ ВИР. СЛАВНЫЕ ИМЕНА
HISTORY OF VIR. NAMES OF RENOWN**

УДК 633.14:324 DOI:10.30901/0202-3628-2015-1-5-19

**РОЛЬ ВНИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ИМ. Н. И. ВАВИЛОВА В
ИНИЦИАЦИИ И СТАНОВЛЕНИИ НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В
СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ В РОССИИ**

В. Д. Кобылянский, О. В. Солодухина

Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства
им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: osolodukhina@yandex.ru

Резюме

Научные исследования, проводимые в ВИР в период 1960–2014 гг. по выявлению источников новых селекционно-ценных и хозяйственно-полезных признаков ржи, привели к созданию генетических доноров этих признаков, повышающих эффективность работы селекционеров. Все это позволило инициировать развитие новых приоритетных направлений в селекции озимой ржи, таких как селекция гетерозисных гибридных сортов, селекция короткостебельных неполегающих сортов, селекция на устойчивость к основным болезням, селекция короткостебельной ржи с повышенной урожайностью на основе оптимизации потенциала фотосинтеза растений, селекция низкопентозановой ржи универсального использования.

Ключевые слова: озимая рожь, признаки, гетерозис, короткостебельность, устойчивость к болезням, фотосинтез, низкопентозановая рожь, гены, наследование, доноры, сорта.

**THE ROLE OF THE VAVILOV INSTITUTE OF PLANT INDUSTRY IN THE
INITIATION AND DEVELOPMENT OF NEW TRENDS IN WINTER RYE
BREEDING IN RUSSIA**

V. D. Kobylansky & O. V. Solodukhina

N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry,
St. Petersburg, Russia, e-mail: solodukhina@yandex.ru

Summary

Scientific investigations conducted at VIR during 1960–2014 to identify sources of new promising and economically useful traits in rye resulted in the development of genetic donors of such traits capable of increasing breeders' work efficiency. These results helped to initiate the development of new priority trends in winter rye breeding, such as breeding of heterosis hybrid cultivars, semi-dwarf non-lodging cultivars, cultivars resistant to fungal diseases, semi-dwarf forms with higher productivity on the basis of plant photosynthesis potential optimization, and rye cultivars with low pentosan content for universal utilization.

Keywords: winter rye, traits, heterosis, semi-dwarfness, resistance to diseases, photosynthesis, rye with low pentosan content, genes, inheritance, donors, cultivars.

Введение

Со времен организации Института прикладной ботаники (ныне Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова – ВИР) основная его научная деятельность была направлена на поиск и интродукцию мировых растительных ресурсов возделываемых растений и их дикорастущих родичей. Их сохранение и изучение осуществлялось применительно к задачам создания новых сортов.

Н. И. Вавилов придавал большое значение прикладным направлениям изучения культурной ржи в области генетики, географической и агроэкологической изменчивости ее признаков как теоретическим основам селекции. Он был одним из немногих генетиков, представляющих важность подхода в селекции к изучению признаков отдельных растений, как единице исследований.

Этот подход актуален и сегодня, особенно для перекрестноопыляющихся растений, когда селекционеры, исследующие структуру генома, переносят отдельные полезные гены или их комплексы в перспективные генотипы.

Развитие и интенсификация сельского хозяйства России вызвала необходимость исследований новых направлений и методов в селекции ржи для создания высокотехнологичных высокопродуктивных сортов. Для решения проблемы создания высокоэффективного исходного материала для селекции ржи в ВИР, начиная с шестидесятых годов прошлого столетия, проводят исследования внутривидовой изменчивости растений наряду с межвидовой (межсортовой) сравнительным агрономическим изучением образцов из мирового генофонда (Кобылянский, 1975). Это позволяет выявить редкие генотипы, не встречавшиеся ранее, несущие гены ценных селекционных признаков. На их основе создают источники и затем доноры с указанием генов, обуславливающих наследование и изменчивость признаков.

За период с 1960 г. по настоящее время учеными ВИР на основе впервые открытых ими новых генов и биологических закономерностей растений создан исходный селекционный материал, который заложил основу селекции и развития пяти новых приоритетных направлений создания сортов озимой ржи:

- 1) селекция гетерозисных гибридных сортов (1960–1969);
- 2) селекция короткостебельных неполегающих сортов (1970–1971);
- 3) селекция на устойчивость к основным болезням (1986);
- 4) селекция короткостебельной ржи с повышенной урожайностью на основе оптимизации потенциала фотосинтеза растений (2003);
- 5) селекция низкопентозановой ржи универсального использования для комбикормовой, хлебопекарной и перерабатывающей промышленности (2004–2014).

Обсуждение результатов

Селекция гетерозисных гибридных сортов озимой ржи на основе ЦМС

Одним из первых разрабатываемых направлений в селекции озимой ржи являлось создание гетерозисных гибридов. Долгое время гетерозис не использовался в селекции ржи в связи с отсутствием механизма стерилизации материнских компонентов скрещивания. Эта проблема была решена после открытия у ржи в 1962–1969 гг. явления цитоплазматической мужской стерильности – ЦМС (Кобылянский, 1962). К 1969 году были получены результаты изучения наследования признака, определен моногенный рецессивный генетический контроль ЦМС *R*-типа и созданы генетические системы ЦМС для получения сортов гибридной ржи.

Урожай экспериментальных гетерозисных гибридов достигал 8–9 т/га и превышал уровень стандартных в то время сортов в полтора – два раза. К сожалению, гибридная рожь не получила развития в СССР и Российской Федерации в связи с недостаточным уровнем развития агротехнологий АПК как тогда, так и теперь. В настоящее время селекцию озимой гибридной ржи в РФ ведут Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (МНИИСХ) и Воронежский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (ВНИИСХ). Созданные ими гибридные сорта не получили должного развития по причинам, не зависящим от их авторов.

В Германии только в 1970 г. были опубликованы сведения об открытии у ржи ЦМС другого *P*-типа, обусловленной двумя рецессивными аллелями при независимом генетическом контроле (Geiger, Schnell, 1970). С использованием систем ЦМС в Германии создано более 20 гибридных сортов, которые занимают около 60% посевных площадей ржи и обеспечивают средний урожай зерна 6–8 т/га.

Селекция короткостебельных неполегающих сортов озимой ржи

Основными причинами полегания ржи являются чрезвычайная высокорослость растений, низкая прочность стебля, корневые и стеблевые гнили. Наиболее важная из них – высота растений, от которой в 80% случаев зависит их устойчивость к полеганию.

Изучение межпопуляционной и, особенно, внутривидовой изменчивости растений позволило нам идентифицировать у ржи и отобрать для исследования пять генетических типов короткостебельности (Кобылянский, 1982):

- 1) короткостебельность рецессивная полигенная с промежуточным наследованием признака (Laube, Quadt, 1959);
- 2) карликовость (Антроповы, 1929), контролируемая одним рецессивным геном широкого плеiotропного действия (Федоров, Смирнов и др., 1970);
- 3) ветвистостебельная карликовость многоузловых растений (Антроповы, 1929), контролируемая одним рецессивным геном *br* (Суриков, Романова, 1971);

- 4) доминантная короткостебельность, контролируемая одним геном *H1* широкого плейотропного действия (Кобылянский, 1970; 1971);
- 5) короткостебельность, обусловленная трехузловостью растений, контролируемая двумя рецессивными комплементарными генами *tn1* и *tn2* (Кобылянский, 2007).

Три типа короткостебельности показали пригодность для селекции:

- рецессивная полигенная короткостебельность с промежуточным наследованием признака при условии использования генотипов с крайними вариантами аллелей;
- доминантная моногенная короткостебельность, благоприятно сочетающая этот признак с элементами продуктивности растений;
- рецессивная дигенная короткостебельность комплементарного действия.

Изучение показало, что наиболее привлекательной для селекционеров оказалась впервые открытая доминантная моногенная короткостебельность, которая укорачивает высоту растений до 40% у диплоидной ржи и до 50% – у тетраплоидной. Ген *H1* обладает широким плейотропным эффектом: увеличивает длину колоса, число цветков и зерен в колосе, кустистость растений, мощность их корневой системы, площадь листовой поверхности, что приводит к увеличению потенциала продуктивности растений.

Культура	Сорта	1987	1988
Рожь	Ильмень	107,1	91,4
Тритикале	Немига 2	82,5	66,4
Тритикале	Праг 6	95,4	77,9
Тритикале	Праг 3	87,3	68,7
Тритикале	Восе 1	80,4	65,4
Тритикале	АД-Тарасовский	77,8	88,4
Тритикале	Ставропольский зерновой	86,3	71,4
Тритикале	Ампир	85,7	74,1
Пшеница ст.	Пржевальская	94,9	79,9

Зав. Пржевальского ГСУ
С.В. Мищенко
30.01.1989



Рис. 1. Урожайность ржи и тритикале (ц/га) в озимом посеве Государственного сортоиспытания на Пржевальском ГСУ

С авторским участием сотрудников ВИР созданы 12 короткостебельных сортов озимой ржи, занесенных в реестр РФ и стран ближнего зарубежья. Кроме того, с использованием созданных в ВИР источников и доноров гена доминантной короткостебельности селекционерами выведено около 80%

сортов в РФ и около 90% – в странах СНГ. Возделывание короткостебельных сортов ржи с доминантным геном *H1*, по данным ГСУ, снижает затраты на выращивание 1 га посева на 24% (Федин, 1984), что в современном исчислении составляет около 2 млрд. рублей на 1 млн./га посева. Сегодня в РФ под такой рожью занято 1,5 млн. га.

В результате использования признака доминантной короткостебельности урожайность озимой ржи достигла и превзошла уровень других зерновых культур (рис. 1).

Согласно данным С. В. Мищенко (1989), новый сорт озимой ржи ‘Ильмень’ (‘Россиянка’) в период предварительного испытания показал урожай на 2–3 т/га выше по сравнению с новейшими на то время сортами тритикале и стандартным сортом пшеницы ‘Пржевальская’.

Селекция ржи на устойчивость к основным болезням

Усиление роли листьев в формировании урожая зерна короткостебельной ржи способствовало также и увеличению вредоносности основных листостебельных грибных болезней (бурой ржавчины, стеблевой ржавчины и мучнистой росы). Исследованиями сотрудников ВИР установлено, что поражаемость этими болезнями посевов короткостебельной ржи достигает больших размеров и в годы эпифитотий создает угрозу недобора 40–50% урожая зерна (Солодухина, 1986; Кобылянский, Солодухина и др., 1998). В связи с этим создание короткостебельных болезнестойчивых сортов ржи является одним из результативных, экономически выгодных и экологически безопасных способов защиты растений.

Исходя из биологических особенностей ржи как перекрестноопыляемой культуры и популяционной структуры ее сортов, были предложены принципы создания доноров генов устойчивости к фитопатогенам применительно к задачам селекции. Межпопуляционное изучение образцов мирового генофонда ржи показало отсутствие болезнестойчивых сортов и несортных местных популяций, которые могли бы быть использованы в качестве исходного материала в селекции на иммунитет. Для решения проблемы было проведено внутрипопуляционное изучение сортов на искусственных инфекционных фонах популяций грибов с целью выявления устойчивых растений, как правило, редко встречающихся в пределах некоторых популяций ржи. Проведен скрининг образцов почти всего генофонда ржи мировой коллекции, представленной в ВИР, включающего культивируемые и дикорастущие виды (табл. 1).

Наибольший объем популяций ржи (2500) изучен для поиска источников генов устойчивости к узкоспециализированному патогену *Puccinia dispersa* Erikss. et. Henning (= *P. recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *secalis*) – возбудителю бурой ржавчины. Среди очень большого биоразнообразия

изучаемой коллекции лишь в 50 популяциях, что составляет 2%, выявлены редкие генотипы растений, устойчивые к патогену.

Таблица 1. Скрининг образцов мировой коллекции озимой ржи по выявлению специфической устойчивости к основным листостебельным болезням

Изучаемый признак	Изучено образцов, шт.	Популяции, содержащие устойчивые к болезням растения, шт.	Частота болезнеустойчивых форм в пределах выявленных популяций ржи, %
Устойчивость к бурой ржавчине	2500	50	0,2...18,2 (56,4)*
Устойчивость к стеблевой ржавчине	477	61	0,1...10 (100)*
Устойчивость к мучнистой росе	341	12	0,2...9,8 (81)*

*- В скобках указана редкая встречаемость признака в пределах единичных образцов ржи

Для поиска источников генов устойчивости к широкоспециализированному возбудителю стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *secalis* (Erikss. et Henn.) оценили 477 популяций ржи, и в 13% из них (61 образец) встречались единичные устойчивые к болезни генотипы.

Поиск устойчивых растений к патогену *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *secalis* Marchal (= *Erysiphe graminis* DC) – возбудителю мучнистой росы – осуществляли в 341 популяции ржи и лишь в 12 (3,5%) из них с разной частотой обнаружили устойчивые к болезни формы. Генотипы – носители генов устойчивости к возбудителям болезней ржи – легли в основу создания доноров устойчивости, пригодных для селекции на иммунитет.

Установлено, что устойчивость растений ржи к популяциям возбудителей мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчинам большинства природных источников контролируется монофакторно независимыми «главными» доминантными генами. В редких популяциях сортов встречаются генотипы как с моногенным, так и с дигенным контролем признака. Идентифицируемые на ранней фазе онтогенеза олигогены устойчивости проявляются и на более поздних фазах развития растений.

С целью идентификации независимых доминантных генов, контролирующих признак, был разработан оригинальный метод генетического анализа аллелей для перекрестноопыляемых самонесовместимых растений ржи (Солодухина, 1986; 2003). Впервые выявлены и идентифицированы девять «главных» генов, детерминирующих устойчивость к болезням. Из них к бурой ржавчине – шесть генов, которым присвоены символы *Lr4*, *Lr5*, *Lr6*, *Lr7*, *Lr8* и

Lr10, к стеблевой ржавчине – гены *Sr1* и *Sr2*, к мучнистой росе – гены *Er* и *Rm2* (Солодухина, 1986; 2003; 2005; Солодухина, Кобылянский, 1982; 2000).

Впервые выявлены факты изменения экспрессивности генов устойчивости к бурой ржавчине *Lr8*, *Lr10* и гена устойчивости к мучнистой росе *Er* в зависимости от их аллельного состояния. В полевых условиях растения доноров этих генов в гомозиготном (*AA*) состоянии аллелей проявляют более высокую устойчивость, чем в гетерозиготном (*Aa*).

Исходя из закономерностей наследования и изменчивости признаков устойчивости растений ржи к патогенам, была предложена стратегия создания генетических доноров болезнеустойчивости, обеспечивающая их высокую селекционную эффективность (Кобылянский, Солодухина, 1987; 2005; 2011). На основе предложенной стратегии (рис. 2) в ВИР созданы 54 короткостебельных донора устойчивости к бурой, стеблевой ржавчине и мучнистой росе, а также сочетающие устойчивость к нескольким болезням.



Рис. 2. Стратегия создания доноров генов устойчивости к болезням ржи

Для использования доноров в селекции предложена технология создания болезнеустойчивых сортов, длительно сохраняющих устойчивость, включающая три возможных направления: 1 – создание популяций с моногенной устойчивостью к одной или нескольким болезням,

2 – создание популяций с полигенной устойчивостью к одной или нескольким болезням и

3 – создание популяций, сочетающих различные типы устойчивости.

С нашим авторским участием при использовании первого направления предложенной технологии созданы сорта озимой ржи ‘Ника’ (1993) и ‘Кировская 89’ (1993) с комплексной устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе, а также сорта ‘Ильмень’ (1993) и ‘Ольга’ (2009), устойчивые к мучнистой росе. С использованием второго направления созданы сорта озимой ржи ‘Эстафета Татарстана’ (1998) и ‘Эра’ (2001), характеризующиеся

устойчивостью к трем болезням (бурой, стеблевой ржавчинам и мучнистой росе).

Селекция высокоурожайных сортов короткостебельной ржи на основе оптимизации потенциала фотосинтеза растений

Уменьшение высоты стебля до 40% и плеiotропное действие гена *Nl* короткостебельной ржи изменило параметры и форму других органов растений, отвечающих за накопление, распределение и направленность продуктов фотосинтеза.

В результате наших исследований короткостебельной ржи с использованием метода меченых атомов C^{14} выявлено, что растения изменили модель фотосинтеза из «стеблевой», как у высокостебельной ржи, на «лиственную», как у пшеницы. При этом в зерно стало поступать более 50% продуктов фотосинтеза из колоса, двух верхних листьев и их влагалищ, а также двух верхних междоузлий (рис. 3). Выявлено, что у короткостебельной ржи в период налива зерна ассимиляты поступают непосредственно в зерновки, а не депонируются в стебель, как у длинностебельной ржи (Нальборчик, 1983; Кобылянский, Бабужина, 2003; 2007).

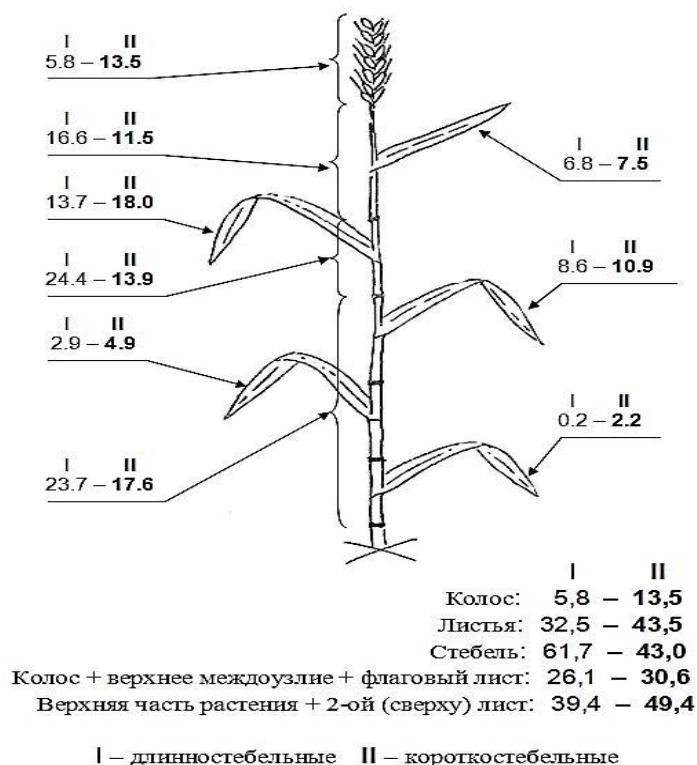


Рис. 3. Вклад различных органов ржи в общий фотосинтез в фазу молочной спелости зерна, %

В связи с тем, что у короткостебельной ржи верхний ярус растений вносит наибольший вклад в формирование урожая зерна, возникает возможность увеличения параметров листьев верхнего яруса растений в

процессе селекции с целью увеличения их фотосинтезирующей площади и, следовательно, продуктов фотосинтеза.

Дивергентный отбор растений в популяциях короткостебельных сортов 'Эра' и 'Илим 2' по признаку ширины двух верхних листьев привел к положительному сдвигу параметров основных элементов продуктивности (Кобылянский, Перетяцько, 2009). За три генерации отбора растения разделились на два класса: широколистные и узколистные. Класс широколистных по сравнению с классом узколистных увеличил площадь фотосинтезирующей поверхности растений почти в 2,5 раза, что привело к увеличению длины колоса на 1,3 см, урожая зерна с колоса на 23%, массы 1000 зерен на 11%.

Увеличение размеров колоса и площади двух верхних листьев как наиболее значимых органов растений в формировании урожая зерна рекомендовано для использования в практической селекции. На этой основе селекционеры уже создали два высокопродуктивных короткостебельных сорта, характеризующихся новыми морфотипами растений – 'Таловская 41' и 'Таловская 44' (Тороп, 2011; Чайкин, Тороп и др., 2012).

Селекция низкопентозановой зернофуражной ржи

По питательной и биологической ценности зерно ржи превосходит все зерновые культуры и соответствует белку коровьего молока на 83%, тогда как белок пшеницы – на 41%. Однако использование зерна сортов традиционной ржи на корм животным ограничено присутствием в нем очень большого количества водорастворимых пентозанов, представленных арабинозой и ксилозой (арабиноксиланов), входящих в состав некрахмальных полисахаридов. Их содержание в зерне ржи в три раза больше, чем в зерне других зерновых культур.

Водорастворимые арабиноксиланы в сухом зерне, находясь в полимерном состоянии молекул, характеризуются высокой гидрофильностью и способны поглощать воды в 8–10 раз больше своей массы. При этом образуются слизи, которые ограничивают доступ пищеварительных ферментов к питательным веществам зерна. Кроме того, арабиноксиланы, покрывая слизью стенки кишечника, ограничивают всасывание продуктов пищеварения. Они не гидролизуются ферментами животных и не сбраживаются дрожжами, что позволяет им в виде слизей пройти через весь пищеварительный тракт, сохраняя свою вредоносность.

В связи с этим нами был предложен Россельхозакадемии конкурсный Проект «Разработать технологию селекции и создать популяционные сорта озимой ржи, пригодные для хлебопекарной, комбикормовой и перерабатывающей промышленности (2004–2011)». Согласно Проекту в ВИР

проведены исследования по развитию нового направления в селекции зернофуражной ржи – «Создание ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне».



Рис. 4. Внедрение технологии селекции низкопентозановой озимой ржи на территории Российской Федерации

В результате поиска исходного материала для селекции среди 480 образцов коллекции озимой ржи из мирового генофонда не обнаружено готовых низкопентозановых сортов, пригодных для прямого зернофуражного использования. Однако установлено, что разные популяции ржи в своем составе содержат низкопентозановые формы растений с частотой 0,1–20,0% (Кобылянский, Солодухина, 2013). Последняя цифра характерна только для пяти образцов. Это послужило основой для разработки методов идентификации и отбора селекционно-ценных биотипов. Определен рецессивный полигенный характер наследования низкого содержания водорастворимых пентозанов в зерне.

Выявлено уменьшение толщины перикарпия у низкопентозановых зерновок по сравнению с высокопентозановыми на 40–60%. Сопряженность

двух факторов – малая толщина оболочек зерна и малое содержание пентозанов в зерне – взаимно обусловлены. Эта причинно-следственная связь позволила нам сформулировать стратегию селекции низкопентозановой ржи (Кобылянский, Солодухина, 2009; 2013).

Таблица 2. Первые сорта озимой зернофуражной ржи, переданные на Государственное сортоиспытание (2012–2013)

Название сорта	Авторы сорта	№ регистрации	Потенциал урожайности зерна, г/м ²	Физические показатели зерна		Содержание в зерне, % на сухое вещество	
				масса 1000 зерен, г	натура зерна, г/л	водорастворимые пентозаны	белок
Новая Эра	ВИР, Псковский НИИСХ	8653808	856	37,1	705	0,64	8,8
Янтарная	ВИР, Уральский НИИСХ	8654640	763	39,6	749	0,53	9,0
Подарок	ВИР, Татарский НИИСХ	8653091	850	36,0	782	0,64	8,6
Берегиня	ВИР, ФГУП «Котласское»	8757428	730	35,0	742	0,50	9,1
Вавиловская	ВИР, Тульский НИИСХ	8757855	847	35,1	757	0,42	9,9

Согласно предложенной стратегии разработаны элементы технологии селекции сортов низкопентозановой ржи. Идентификацию и отбор низкопентозановых зерновок ржи, удовлетворяющих требованию селекции, можно проводить по результатам биохимического анализа зерна или по признаку их «тонкопокровности». Для этой цели разработано специальное устройство (know how).

На основе предложенной стратегии и технологии селекции получен исходный материал, впервые созданы популяции (предсорта) зернофуражной низкопентозановой озимой ржи для различных почвенно-климатических условий. Лучшие популяции переданы в 14 научно-исследовательских учреждений РФ для развития этого перспективного направления селекции ржи (рис. 4). Благодаря этому к настоящему времени селекция зернофуражной низкопентозановой ржи проводится на территории Европейской части России, Западной и Восточной Сибири.

В связи с отсутствием в системе ВИР службы элитного семеноводства первые предсорта зернофуражной озимой ржи с низким содержанием пентозанов в зерне переданы в другие НИИ сельского хозяйства РФ (на правах

соавторства) для семеноводства и передачи на Государственное сортоиспытание (табл. 2).

Зернофуражные предсорта не имеют мировых аналогов, превосходят по кормовым качествам зерно традиционной хлебопекарной ржи и другие зерновые злаковые культуры. Низкопентозановые сорта зернофуражной ржи универсальны в использовании. Их зерно пригодно не только для кормления животных, но для хлебопекарной и перерабатывающей промышленности.

Изучение кормовой ценности низкопентозановой ржи

Совместные исследования сотрудников ВИР и Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины показали высокую кормовую ценность зерна низкопентозановой ржи (Лунегова, Кобылянский, Солодухина, 2014).

При скармливании зерна ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов (0,51%) молодым крысам в течение 36 дней полученный прирост живой массы каждой особи был на 20% выше, чем при кормлении комбикормом свиным (рис. 5 а). В другом эксперименте выявлено превосходство зерна низкопентозановой ржи по сравнению с пшеницей и ячменем (рис. 5 б). Установлено, что средний привес каждой крысы через 28 дней кормления зерном низкопентозановой зернофуражной ржи составил 64,5% к начальному весу, что на 12,2% выше, чем при кормлении зерном ячменя и на 26,9% выше, чем при кормлении пшеницей.

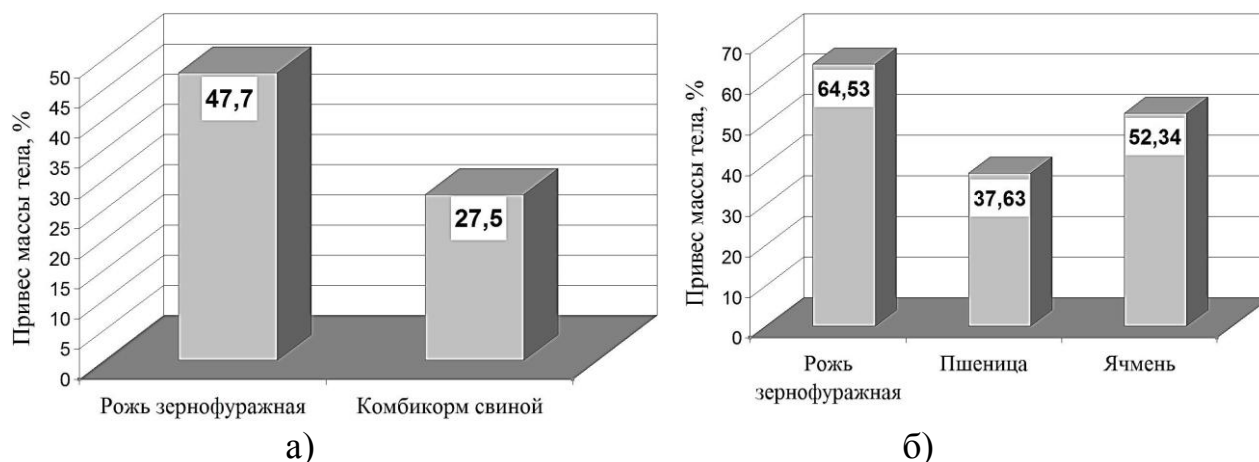


Рис. 5. Привес массы тела молодых крыс при кормлении зерном низкопентозановой зернофуражной ржи в сравнении с комбикормом свиным и другими видами кормов

Изучение влияния рационов кормления с использованием зерна низкопентозановой зернофуражной ржи на привес поросят впервые провели в ООО «Озерский свинокомплекс» (Тульская обл.). В качестве контроля использовали «обычный» рацион с использованием зерна пшеницы, ячменя, овса, кукурузы и улучшающих добавок. В опытном («ржаном») рационе часть зерновых культур на 50% заменили зерном низкопентозановой ржи и

исключили дорогостоящие добавки (сухое молоко и премикс). Кормление поросят проводили при их «доращивании» в течение восьми недель. По неопубликованным данным главного зоотехника С. П. Новиковой (2014), использование «ржаного» рациона при кормлении привело к увеличению привеса поросят на 44,5% и снижению конверсии корма на 41,7% по сравнению с контролем. Это значит, что для получения 1 кг привеса поросят при использовании контрольного рациона было затрачено 6,0 кг, а при использовании «ржаного» – всего 3,5 кг корма.

Хлебопекарная оценка зерна низкопентозановой ржи

Первые исследования хлебопекарных свойств зерна сортов низкопентозановой зернофуражной ржи, проведенные И. И. Кузнецовой и Н. С. Лаврентьевой в Санкт-Петербургском филиале ГНУ НИИ хлебопекарной промышленности, показали хорошие результаты. Качество хлеба, выпекаемого из зерна зернофуражной (низкопентозановой) ржи, не уступает качеству хлеба, выпекаемого из обычной хлебопекарной ржи.

Развитие нового стратегического направления селекции по созданию зернофуражной ржи не снижает ее ценности при традиционном использовании и открывает возможность решения проблемы дефицита концентрированных кормов для животноводства в системе АПК РФ. Это позволяет избежать импорта кормов и снизить затраты на получение высококачественной продукции животноводства, что особенно актуально в настоящий момент.

Заключение

Научные разработки, выполненные за последние 50 лет в ВИР, которые положили начало пяти новым направлениям селекции ржи, основаны на оригинальных наукоемких технологиях. Полученные результаты убедительно доказывают правильность выбранных направлений в развитии идей Н. И. Вавилова и эффективность научно-исследовательских программ в формировании новых направлений в селекции озимой ржи.

В результате этих исследований рожь, будучи низкзатратной по агрономическим показателям, трансформировалась в экономически высокоэффективную культуру, превышающую по урожаю и качеству зерна другие зерновые культуры. Это позволяет значительно расширить сферу использования ее продукции.

Возделывание ржи становится экономически привлекательным, рентабельным и конкурентоспособным занятием. Мы полагаем, что в обозримом будущем посевы озимой ржи могут увеличиться в разы и занять принадлежавшие ей ранее в РСФСР площади (7–8 млн. га).

Авторы выражают благодарность Л. И. Кузнецовой и Н. С. Лаврентьевой (Санкт-Петербургский НИИ хлебопекарной промышленности), И. В. Лунеговой (Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины) и главному зоотехнику С. П. Новиковой (ООО «Озерский свинокомплекс» Тульской обл.) за плодотворное сотрудничество.

Литература

- Антропов В. И., Антропова В. Ф.* Рожь СССР и сопредельных стран // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1929. Приложение 36. 366 с.
- Кобылянский В. Д.* Явление мужской стерильности у ржи // Селекция и семеноводство. 1962. № 3. С. 71.
- Кобылянский В. Д.* Рожь (генетика, систематика, проблемы селекции): автореф. дис. ... д. б. н. Л., 1975. 57 с.
- Кобылянский В. Д.* Рожь. Генетические основы селекции. М., 1982. 271 с.
- Кобылянский В. Д.* Новый тип короткостебельности у ржи // Вестник сельскохозяйственной науки. 1970. № 11. С. 56.
- Кобылянский В. Д.* Новый источник короткостебельности для селекции неполегающей ржи // Вестник сельскохозяйственной науки. 1971. № 9. С. 58–62.
- Кобылянский В. Д.* Новые селекционные признаки озимой ржи // Сборник тезисов II Вавиловской международной конференции. Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке. Состояние, проблемы, перспективы. СПб., 2007. С. 476–477.
- Кобылянский В. Д., Бабужина Д. И.* Фотосинтез различных органов растений короткостебельных форм озимой ржи // Сельскохозяйственная биология. 2003. № 1. С. 67–72.
- Кобылянский В. Д., Перетяцько А. С.* Изменение архитектоники растений короткостебельной озимой ржи применительно к задачам селекции // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2009. С. 146–149.
- Кобылянский В. Д., Солодухина О. В.* Вредоносность главных болезней короткостебельной ржи и методы селекции на устойчивость // Доклады ВАСХНИЛ. 1982. № 9. С. 3–5.
- Кобылянский В. Д., Солодухина О. В.* Стратегия селекции озимой ржи на устойчивость к основным грибным болезням // Бюлл. ВИР. 1987. Вып. 71. С. 3–6.
- Кобылянский В. Д., Солодухина О. В.* и др. Вредоносность стеблевой ржавчины на короткостебельной ржи // Теоретические и прикладные проблемы генетики, селекции и семеноводства зерновых культур. Тезисы докладов. Немчиновка, 1998. С. 38.
- Кобылянский В. Д., Солодухина О. В.* Вредоносность патогенов ржавчины и мучнистой росы на озимой ржи, и стратегия селекции болезнеустойчивых сортов // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб., 2005. С. 572–592.
- Кобылянский В. Д., Солодухина О. В.* Основы селекции малопентозановой ржи. // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2009. Т. 166. С. 112–118.
- Кобылянский В. Д., Солодухина О. В.* Теоретические основы селекции зернофуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 2. С. 31–39.
- Лунегова И. В., Кобылянский В. Д., Солодухина О. В.* Низкопентозановое зерно ржи – ценный концентрированный корм для животных // Международный вестник ветеринарии. 2014. № 2. С. 30–37.
- Нальборчик Э.* Роль различных органов фотосинтеза в формировании урожая зерна хлебных злаков // Вопросы селекции и генетики зерновых культур. М., 1983. С. 224–230.

- Солодухина О. В. Создание доноров устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе для селекции диплоидной ржи: автореф. дис. ... к. с.-х. н. Л., 1986. 19 с.
- Солодухина О. В. Генетические основы селекции озимой ржи на устойчивость к ржавчине и мучнистой росе: автореф. дисс. ... д. б. н. СПб., 2003. 36 с.
- Солодухина О. В., Кобылянский В. Д. Генетическая детерминация устойчивости ржи к стеблевой ржавчине // Генетика. 2000. Т. 36. № 5. С. 678–681.
- Солодухина О. В. Гены ржи, контролирующие устойчивость к бурой и стеблевой ржавчинам // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб., 2005. С. 544–559.
- Солодухина О. В., Кобылянский В. Д. Принципы стратегии селекции сортов озимой ржи на долговременную устойчивость к грибным болезням // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2011. Т. 168. С. 79–89.
- Суриков И. М., Романова Н. П. Материалы по факториальной генетике ржи (*Secale cereale* L.). II. Признаки ветвления стебля и отсутствия колосоножки // Генетика. 1971. Т. 7. № 9. С. 13–21.
- Тороп Е. А. Морфологические закономерности формирования продуктивности озимой ржи (*Secale cereale* L.): автореф. дис. ... д. б. н. Рамонь, 2011. 46 с.
- Федин М. А. Государственное сортоиспытание на современном этапе: итоги, задачи, проблемы // Селекция и семеноводство. 1984. № 6. С. 2–7.
- Федоров В. С., Смирнов В. Г. и др. Генетика ржи (*Secale cereale* L.). Характер наследования карликовости // Генетика. 1970. Т. 6. № 3. С. 5–17.
- Чайкин В. В., Тороп А. А. и др. Результаты и направления селекции озимой ржи в Центрально-Черноземном селекцентре // Материалы всероссийской научно-практической конференции. Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. Екатеринбург, 2012. С. 39–43.
- Geiger H. H., Schnell F. W. Cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.) // Crop. Sci. 1970. V. 10. № 5. P. 590–593.
- Kobylyansky V. D., Babuzhina D. I. Photosynthesis of different plant organs in short stem rye // Vorträge für Pflanzenzüchtung. 2007. H. 71. P. 62–65.
- Laube W., Quadt F. Roggen (*Secale cereale* L.) // Handbuch der Pflanzenzüchtung. 1959. H. 2. P. 35–102.

**И. Н. ГОЛУБОВСКАЯ – СОЗДАТЕЛЬ УНИКАЛЬНОЙ КОЛЛЕКЦИИ
МУТАЦИЙ ГЕНОВ МЕЙОЗА У КУКУРУЗЫ И ТАЛАНТЛИВЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ МЕЙОЗА**

Ю. Ф. Богданов

Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова, Москва, Россия,
e-mail: yuri.bogdanov34@mail.ru; yubogdanov@vigg.ru

Резюме

Более 40 лет Инна Никитична Голубовская изучала фундаментальную проблему генетического контроля мейоза на материале мейоза кукурузы *Zea mays*. Из 50 известных генов и их аллелей, контролирующих мейоз в пыльниках и завязях кукурузы, ею открыто более половины и еще большее их число изучено. Начав эти исследования в Институте цитологии и генетики Сибирское отделение Академии наук СССР в 1972 году, И. Н. Голубовская перешла в 1986 году во Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова, возглавив исследовательскую группу, и в 1993 г. начала сотрудничество с Отделом биологии Университета Северной Дакоты в США, где проводила полевые сезоны. В 1999 году Голубовская была приглашена сотрудничать с Отделом клеточной и молекулярной биологии Калифорнийского университета в Беркли, США. В 2012 году она передала во Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР) коллекцию семян линий кукурузы, несущих мутации генов мейоза. При ее активном участии клонированы и изучены на молекулярном уровне основные регуляторные гены мейоза кукурузы и установлено их проявление в ходе мейоза. Заслуги И. Н. Голубовской в изучении генетики кукурузы и генетики мейоза специально отмечены американскими исследователями.

Ключевые слова: мейоз, кукуруза, гены, аллели, биография ученого.

**INNA N. GOLUBOVSKAYA AS THE FOUNDER OF A UNIQUE
COLLECTION OF MEIOTIC GENE MUTATIONS IN MAIZE
AND A TALENTED RESEARCHER OF THE PROBLEM
OF MEIOSIS GENETIC CONTROL**

Yu. F. Bogdanov

N. I. Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russia, e-mail:
yuri.bogdanov34@mail.ru; yubogdanov@vigg.ru

Summary

Over 40 years, Inna Nikitichna Golubovskaya studied the fundamental problem of genetic control of meiosis, using meiosis in *Zea mays* as the model. She discovered more than half of 50 genes and gene alleles controlling meiosis in maize anthers and ovules, and studied even more of them. Having started with her researches at the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences (Novosibirsk) in 1972, she moved in 1986 to the N. I. Vavilov Institute of Plant Industry (Leningrad/St. Petersburg)

to become the leader of a research group. In 1993, she started to collaborate with the Department of Biology, University of North Dakota (USA). There she worked during the field seasons until 1998. In 1999, Dr. Golubovskaya was invited to work with the Department of Cell and Molecular Biology, California State University at Berkeley. She developed and maintained a seed collection of genetic maize lines bearing mutations of meiotic genes, and in 2012 brought it to the Vavilov Institute. She was actively involved in cloning and studying major genes regulating meiosis in maize at the molecular level, and their expression in meiotic process. I. N. Golubovskaya's contribution to the studies on maize genetics and genetic control of meiosis was expressly extolled by American geneticists .

Keywords: meiosis, maize, genes, alleles, scientist' biography.

Приятно сознавать, что Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР) помнит не только славные имена своих ушедших из жизни ученых, но и тех, кто, внося существенный вклад в сокровищницу достижений института, здравствует и поныне. Одним из талантливых ученых, сотрудников Института в конце XX века, стала доктор биологических наук, действительный член Российской академии естественных наук Инна Никитична Голубовская. В ВИР она проработала 28 лет с 1986 по 2014 г.г., но ее творческая биография – шире, и ее научная деятельность заслуживает рассказа. Голубовская занималась проблемами фундаментальной науки, однако результаты этих работ можно использовать в селекции.

Краткая научная биография И. Н. Голубовской

В 1963 году Инна Гришина, ставшая Голубовской, защитила дипломную работу на кафедре генетики и селекции Ленинградского государственного университета (ЛГУ) под руководством замечательного педагога этой кафедры Василия Сергеевича Федорова, окончила университет и с мужем, выпускником той же кафедры Михаилом Голубовским, отправилась на работу в молодой Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Академии наук (ИЦиГ СО АН СССР) в Новосибирске. Там она в 1973 г. защитила кандидатскую диссертацию в области цитогенетики пшенично-пырейных гибридов и приступила к изучению генетики и цитогенетики мейоза у кукурузы. Докторскую диссертацию на тему генетического контроля мейоза у кукурузы она блестяще защитила в 1983 г. в Новосибирске (рис. 1).

В 1986 г. Инна Никитична вернулась в родной Ленинград и возглавила исследовательскую группу в ВИР. Начиная с 1993 г., Инна Никитична работала параллельно в Петербурге, в ВИР и в США, в Отделе биологии Университета Северной Дакоты, а позднее в Отделе клеточной и молекулярной биологии Калифорнийского университета в Беркли (США), проводя там от 3 до 6 месяцев в году. Дирекция ВИР создавала обстановку для этих исследований. Голубовская и сотрудники ее группы имели возможность регулярно ездить на длительные сроки для выполнения исследований в США «за счет принимающей стороны», как это принято писать в приказах по российским институтам.



Рис. 1. Инна Никитична Голубовская (на снимке – справа) с коллегами в лаборатории цитогенетики растений Института цитологии и генетики Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск

В 2012 г. Инна Никитична, давно заслужив пенсию, закончила официальную работу в Беркли, и американские коллеги, провожая ее, опубликовали статью: «Инна Голубовская: жизнь генетика, исследующего мейоз». Статья была опубликована в журнале «Genetics» и начиналась словами: «У кукурузы, генетика которой великолепно изучена, включая скрининг мужской стерильности, открыто более 50 мутаций, относящихся к 35 генам, которые влияют на ключевые события мейоза: спаривание, синапсис и рекомбинацию гомологичных хромосом. Большинство из этих мутаций и генов были открыты Инной Голубовской в ходе ее замечательной карьеры цитогенетика». И далее: «Помимо общего цитологического исследования для классификации мутантных фенотипов, Голубовская сосредоточила усилия на изучении нескольких ключевых регуляторных мутаций ...» (Cande, Freeling, 2011). Эти цитаты, как и сам факт публикации статьи в авторитетном журнале Генетического общества Америки – свидетельства выдающегося вклада Голубовской в изучение генетических механизмов мейоза и цитологического проявления действия генов мейоза. Примечательно и то, что эта статья о

Голубовской опубликована в рубрике «Перспективы», что недвусмысленно указывает на перспективность этих исследований для будущего генетики.

Далее предлагается обзор научной работы И. Н. Голубовской в хронологическом порядке ее деятельности.

Разработка И. Н. Голубовской стратегии исследований генов мейоза у кукурузы

Увлечение Голубовской малоизвестной для советских генетиков 70-х годов, но фундаментальной проблемой мейоза («генетикой генетического процесса») началось в конце 60-х годов, когда Инна Никитична работала в лаборатории цитогенетики растений ИЦиГ СО АН СССР, руководимой замечательным генетиком «довоенной» школы профессором Верой Вениаминовной Хвостовой (рис. 1). «Увидев красоту цитологических картин мейоза, я буквально влюбилась в него и осталась влюбленной в мейоз на всю жизнь», – писала нам Инна Никитична Голубовская в январе 2014 года, когда ей исполнилось 75 лет.

Влюбившись в мейоз как эмоциональная женщина, Инна Никитична взялась за его исследование по-мужски. Прежде всего, она составила весьма полный обзор специфических генов мейоза у всех изученных в этом плане организмов (Голубовская, 1975). В результате этого она получила полную информацию для составления стратегии исследования генов мейоза.

Что такое специфические гены мейоза (мей-гены)? Это те гены клеточного деления, которые не проявляются во время вегетации растений. Гомозиготность по рецессивным мутациям этих генов не мешает соматическим клеткам делиться путем митоза и растению достигать половой зрелости. Мей-мутации проявляются только в спорогенных клетках, в пыльниках и завязях, и приводят к аномалиям поведения хромосом в ходе мейоза, к снижению фертильности или к полной стерильности растений из-за аномалий мейоза: нарушений кроссинговера, образования хиазм, сегрегации гомологичных хромосом и второго деления мейоза. Это – гены ядерной, хромосомной стерильности, в отличие от известной селекционерам цитоплазматической стерильности.

В упомянутой выше первой своей обзорной публикации Голубовская провела сравнительный анализ цитологического проявления мей-мутации, открытых к началу 70-х годов у самых разных эукариот: сумчатых грибов, разных видов растений, дрозофилы, и выявила сходство проявления мутаций у разных организмов, причем сходство в цитологическом проявлении на одинаковых стадиях мейоза. Голубовская обратила особое внимание на ранние стадии мейоза, сопоставила мутантные фенотипы с картиной молекулярных процессов, лежащих в основе превращений хромосом в ходе ранних и поздних стадий мейоза, и сформулировала положение о том, что, исследуя цитологическое проявление мутаций генов мейоза, можно «препарировать» процесс мейоза, разложить его на блоки событий, управляемых генами. Она наметила стратегию такого «генетического препарирования» мейоза.

Позднее, в 1979 году, Голубовская опубликовала этот обзор в новой редакции на английском языке в известном издании «International Review of Cytology» и стала, пожалуй, первым автором в мировой литературе, кто в опубликованном виде (в англоязычной печати) обобщил картину генетического контроля мейоза у всех эукариот (Golubovskaya, 1979).

Первые успехи в получении мутаций мей-генов

В 1972 году, задолго до выхода этих обзоров из печати, Голубовская приступила к работе над собственным проектом: начала насыщать геном кукурузы химически индуцированными мутациями, влияющими на ход мейоза. При поддержке директора ИЦиГ Д. К. Беляева и В. В. Хвостовой она начала работу на поле в Краснодаре. Вера Вениаминовна Хвостова волновалась, благословляя Инну Голубовскую на эту самостоятельную работу, ибо никто из советских генетиков до того не исследовал гены мейоза ни у одного из объектов. К тому же предстояло работать вдали от своей лаборатории, вдали от специалистов, знающих цитологию мейоза, и на новом объекте, у которого мейоз в полевых условиях бывает лишь раз в году. Но Голубовская справилась с новой для нее задачей.

Вспоминая о той поре, Инна Никитична писала нам в 2014 году: «В Краснодаре я работала с благословления и при полной поддержке Михаила Ивановича Хаджинова на базе Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства (КНИИСХ). Более 50 семей кукурузы, расщепляющиеся по мужской стерильности и накопившиеся в отделе кукурузы от опытов с химическими супермутагенами И. А. Раппопорта, послужили источником 13 мейотических мутантов, которые я описала в 70-х годах» (рис. 2). На этом начальном этапе работы с мутациями у кукурузы Голубовская активно сотрудничала в КНИИСХ с генетиком кукурузы С. А. Машенковым и публиковала вместе с ним результаты своих исследований.

Среди выявленных Голубовской в этом материале мутаций были такие, которые напоминали описанные Бидлом (G. W. Beadle) в 30-е годы. Поэтому в 1976 г. Голубовская попросила Центр хранения семян Генетической кооперации кукурузы в США прислать ей семена, несущие референтные аллели шести мутаций мей-генов, и начала тестирование изолированных ею мутаций на аллелизм, картирование генов и создала все возможные комбинации аллелей на известном генетическом фоне. Значимыми находками были новые аллели гена *ameiotic* (*am1*): *am1-pra1* и другие. Абсолютно новой и уникальной оказалась мутация *afd1* (*absence of first division*). У гомозигот в клетках, вступивших в профазу I мейоза, сестринские хроматиды расходятся во время анафазы I эквационно, как в митозе, вместо редукционного расхождения гомологов (Голубовская, Машенков, 1975).

Мое деловое знакомство с Инной Никитичной состоялось весной 1973 года, когда В. В. Хвостова и я проводили в Новосибирске Первую Всесоюзную конференцию по цитологии и генетике мейоза и готовились к изданию коллективной монографии на эту тему. На конференции И. Н. Голубовская

выступила с заказанным ей обзорным докладом, на основе которого ею и была написана глава для коллективной монографии – упомянутый выше обзор генов мейоза (Голубовская, 1975). Это положило начало нашему идейному сотрудничеству.



**Рис. 2. И. Н. Голубовская и М. И. Хаджинов в КНИИСХ,
Краснодар (начало 1970 годов)**

В 1974 году мы с Инной Никитичной договорились о моем участии в ее полевых работах с мутантами кукурузы на арендованном экспериментальном поле ИЦиГ во владениях совхоза «Южные культуры» в Адлере Краснодарского края. Было задумано, что будут зафиксированы пыльники мутантных и нормальных растений для последующего электронно-микроскопического исследования мейоза в Институте молекулярной биологии АН СССР в Москве, где я тогда работал. Материал был зафиксирован, но удачных вариантов фиксации оказалось недостаточно для полноценной работы. Трудности оказались непредсказуемыми: в Адлере было невозможно достать дистиллированную воду, необходимую для приготовления буферных растворов для методов электронно-микроскопических фиксаций, даже кипяченая вода была слишком жесткой. Организация совместной работы в условиях, когда мутанты нужно было выделять на поле в Краснодарском крае, а Голубовская имела рабочее место в Новосибирске, я же работал в Москве, и там же находился электронный микроскоп, оказалась слишком сложной. И мы с

Голубовской, вместе и по очереди, не без труда уговорили включиться в эту работу Н. Б. Христюбову, заведовавшую кабинетом электронной микроскопии в ИЦиГ в Новосибирске. Христюбова до того никогда не работала с тканями растений и боялась новизны. Голубовская не избегала новых методов и с успехом осваивала их или сотрудничала с теми специалистами, которые владели необходимыми для замысла ее работы методами. Посеяв в теплицах ИЦиГ линии кукурузы, в которых выщеплялись мутации, Голубовская совместно с Христюбовой изучила проявление гена *afd1* и других генов мейоза на ультраструктурном уровне (Golubovskaya, Khristolubova, 1985).

В своих полевых и лабораторных работах в 1970–1980 гг. Голубовская шаг за шагом создала серию двойных мутантов, установила эпистатические взаимоотношения нескольких ключевых генов мейоза, картировала некоторые гены в плечах хромосом кукурузы и вместе с соавторами описала свою оригинальную коллекцию мутаций генов мейоза у кукурузы (Голубовская, Ситникова, 1980; Голубовская и др., 1980; Шамина и др., 1981; Голубовская, Урбах, 1981; Голубовская, 1988).

Международное признание

Еще до защиты докторской диссертации доклад Голубовской на секции 14-го Генетического конгресса в Москве в 1978 г. получил высокую оценку приезжавшего на конгресс ведущего американского генетика кукурузы Эдварда Кои (E. Coe). Он предоставил Голубовской бесплатную подписку на информационный бюллетень Кооперации генетиков кукурузы США и охотно снабжал ее литературой. В дальнейшем его поддержка сыграла важную роль в научной карьере Инны Никитичны.

К концу 80-х годов достижения И. Н. Голубовской заслужили международное признание. Биографы И. Н. Голубовской З. Канди и М. Фриллинг квалифицировали ее как ученого, получившего в мировом сообществе генетиков репутацию «лучшего генетика кукурузы в СССР» (Cande, Freeling, 2011). Несмотря на то, что эти американские авторы вряд ли знали все работы по генетике кукурузы, проводившиеся в СССР, характеристика, данная ими И. Н. Голубовской, вероятно, справедлива для 1970–1980 гг. В период бурного развития молекулярной и клеточной биологии, генетики прокариот и одноклеточных эукариот работы Голубовской привлекли внимание молекулярных генетиков к мейозу у цветковых растений. По мнению тех же американских авторов (Cande, Freeling, 2011), работы Голубовской «оживили цитогенетику кукурузы во всем мире».

Докторскую диссертацию на основе исследований генов мейоза у кукурузы Инна Никитична защитила в 1983 г. в Институте цитологии и генетики СО АН СССР в Новосибирске.

**Работа в ВИР. Расширение коллекции.
Исследование действия генов в женском мейозе**

Начиная с 1986 г., в Ленинграде, в ВИР вокруг Голубовской сложилась группа исследователей: Н. А. Авалкина, Л. И. Абрамова, Е. А. Голубева, З. К. Гребенникова и Л. П. Тимофеева (из Таллинна) и других, овладевших методами анализа мейоза в мегаспорах и новыми методами изучения синаптонемных комплексов в пыльниках (рис. 3). На этом этапе наконец реализовалось на практике мое сотрудничество с Инной Никитичной.



Рис. 3. С коллегами в ВИР. Слева направо: Л. И. Абрамова, Е. А. Голубева, З. К. Гребенникова, И. Н. Голубовская и Н. А. Авалкина

В работу группы Голубовской включилась З. К. Гребенникова, прошедшая стажировку в течение года в руководимой мною лаборатории цитогенетики в Институте общей генетики (ИОГен) АН СССР в Москве. Гребенникова освоила экспресс-методы электронной микроскопии мейоза в пыльниках растений под руководством опытного специалиста О. Л. Коломиец и, после года или более московской стажировки, поступила в аспирантуру в ВИР, в группу Голубовской. Затем постоянное сотрудничество с И. Н. Голубовской начала Л. П. Тимофеева из Института экспериментальной биологии Академии наук Эстонии (Таллинн). Перед этим Тимофеева прошла заочную аспирантуру под моим руководством и хорошо освоила электронную микроскопию мейоза в нашей лаборатории из рук той же О. Л. Коломиец. Затем Голубовская выступила оппонентом на двух диссертациях, выполненных в нашей московской лаборатории электронно-микроскопическими методами на мейотических мутантах ржи, и на защите докторской диссертации

О. Л. Коломиец. Мейотические мутанты ржи были получены С. П. Соснихиной (сокурсницы Голубовской по выпуску кафедры генетики ЛГУ 1963 года) и В. Г. Смирновым в Биологическом научно-исследовательском институте ЛГУ в Старом Петергофе. Таким образом, практически реализовалось сотрудничество трех лабораторий: двух ленинградских-петербургских и одной московской, занявшихся генетикой и цитологией мейоза на разных злаках, но движимых совместной любовью к исследованию загадочного процесса мейоза.

Группа Голубовской в ВИР изучила действие генов в женском мейозе в семяпочках у кукурузы, проделав исследование, которое сложнее, чем изучение мужского мейоза в пыльниках. Это был очень важный этап в работе Голубовской и ее коллектива. Результаты этого исследования продемонстрировали универсальность закономерностей действия генов мейоза в пыльниках и завязях. Однако были некоторые особенности проявления генов, связанные с полом. Они нашли отражение в сформулированной Голубовской концепции генетического контроля мейоза. Эту концепцию Голубовская описала в обзорной статье, подводившей первый итог двадцатилетнего российского этапа ее работы в области мейоза (Golubovskaya, 1989). В чем состояла эта концепция? Инна Никитична очертила этапы генетического контроля процесса мейоза, а именно – время действия мей-генов, связала их с цитологическими стадиями, видимыми в микроскоп, и событиями в клетках на молекулярном уровне, лежащих в основе превращений структуры хромосом и их поведения в ходе мейоза. Исходя из общего требования генетики развития: определять место и время действия каждого гена, Голубовская разделила совокупность всех генов мейоза на три категории:

1. Гены, контролирующие блоки событий – начало каскадов событий, таких как инициация мейоза, спаривание и синапсис хромосом, рекомбинация, инициация второго деления мейоза и другие комплексные явления.

2. Гены, контролирующие «элементарные» явления мейоза, например, элонгацию синапсиса или десинапсис хромосом.

3. Гены, оказывающие действие на поведение отдельных хромосом, на половую специфику мужского и женского мейоза или его специфику у разных объектов (Golubovskaya, 1979; 1989).

Первый российско-американский этап работы И. Н. Голубовской

В 1993 г. начался смешанный российско-американский период работы Голубовской в ВИР и в Северной Дакоте, в США. Повторно отмечаем, что дирекция ВИР оказывала Инне Никитичне необходимую помощь в этих исследованиях (рис. 4).

В 1990 годы в США и Европе развернулись работы по генетике «ботанической дрозофилы» – крестоцветного растения *Arabidopsis thaliana* (L.) Neunh. Частью этих исследований был большой проект по генетике мейоза у *A. thaliana*. В результате выполнения этого проекта у арабидопсиса были выявлены гены мейоза, сходные по фенотипическому проявлению с генами кукурузы. Двадцатилетняя серия исследований генов мейоза,

проведенная Голубовской в 1970–1990 годах во многом предвосхитила результаты исследований мейоза у *A. thaliana*. Свидетельством этого стала упомянутая выше публикация ее генетической концепции мейоза в «Advances of Genetics» (Golubovskaya, 1989).



Рис. 4. В ВИР: чествование ветеранов Великой Отечественной войны и блокадников Ленинграда в год 50-летия Победы, в мае 1995 года. Слева направо: директор института В. А. Драгавцев, И. Н. Голубовская (блокадница), ветераны: А. А. Саакян и К. З. Будин

Перестройка и бедственное положение науки в России в 90-е годы вынудили Голубовскую воспользоваться возможностью продолжения ее исследований в США. Доктор В. Ф. Шеридан (W. F. Sheridan) пригласил группу советских генетиков участвовать в 33-й Ежегодной конференции в США по генетике кукурузы в 1992 г. и провел двустороннее совещание генетиков кукурузы США и России. В ходе этих мероприятий Голубовская впервые посетила Америку.

Профессор Шеридан включил Голубовскую в свой проект. Сотрудничество с Шериданом в описании результатов изучения действия мутантных генов на женский мейоз у кукурузы привело к публикации статей в ведущих международных и американских генетических журналах (Golubovskaya et al., 1992, 1993). С 1993 по 1998 годы Инна Никитична работала в лаборатории Шеридана по три–шесть месяцев ежегодно, совмещая эту работу с работой в Санкт-Петербурге и регулярно вызывая на работу в США своих петербургских и таллиннских коллег. Их поездки и работа в США оплачивались за счет проекта Шеридана (рис. 5).



Рис. 5. В лаборатории В. Ф. Шеридана (Университет Северной Дакоты, США). Слева направо: В. Ф. Шеридан, И. Н. Голубовская, Э. Кои

В США в 1994–1997 годах Голубовская организовала полевую работу не только на севере и теплом юге страны, но и в тропиках, на Гавайских островах, и получала три поколения растений кукурузы в год. При встрече с Шериданом в 1996 году на конференции по мейозу в США (а я был знаком с В. Ф. Шериданом с 1960-х годов по переписке и совместным интересам в области биохимии белков мейоза) он с энтузиазмом говорил мне: «Инна – настоящий локомотив наших исследований. Ее понимание того, как надо организовать работу, спланировать эксперименты, скрещивания, сбор материала, анализ микроскопических картин – бесценны. А энергия, с которой она все это делает, заражает и мобилизует коллег».

Благодаря хорошим условиям для научной работы в США, Голубовская смогла легко использовать современные методы инсерционного мутагенеза с помощью Mu-транспозонов для изоляции и молекулярного анализа генов. В этих исследованиях участвовали и сотрудники ее группы из ВИР. За шесть лет работы в лаборатории Шеридана Голубовская изолировала 14 мутаций новых генов и аллелей ранее известных генов, то есть удвоила список изолированных и изученных ею мутаций. Большинство из этих мутаций затрагивало процессы мейотического спаривания и синапсиса хромосом (Golubovskaya et al., 2003). Инна Никитична нашла новые аллели «классического» гена *ameiotic1* и новый ген *psh1* и его аллели. В 2000-е годы Голубовская сумела существенно обновить описание действия мутантного гена *afd* и представление о его функции (Golubovskaya et al., 2006). Кроме того, она участвовала в открытии нового гена *Mac1* и совместно с коллегами установила, что этот ген является регулятором дифференцировки клеток как в пыльнике, так и в завязи, но не принимает участия в контроле самого мейоза. Рецессивная мутация *mac1* снимает ограничение на дифференцировку только одной материнской мегаспоры. В пыльниках гомозигот *mac1/mac1* исчезает слой клеток тапетума и появляются дополнительные материнские клетки пыльцы, а в семязпочке – множественные археспориальные клетки, которые становятся затем множественными мегаспорами. Это – выдающаяся находка, которая показывает, что клетки генеративных органов заблаговременно готовы к мейозу, и только действие «запирающих» мейоз генов, сдерживает его начало и ограничивает число клеток, вступающих на этот энергетически затратный путь. В этом исследовании Голубовская была главным разработчиком и теоретиком исследования и привлекла к исследованию своих коллег из Петербурга (Sheridan et al., 1996; 1999). Изоляция и описание мейотических фенотипов гена *psh1* и новых аллелей *am485* и *am489*, сделанные Голубовской, позволили позднее молодому сотруднику В. Павловскому уже в Беркли клонировать эти гены и изучить молекулярную структуру этих генов (Pawlowsky et al., 2004; 2009). Работа в лаборатории Шеридана позволила Голубовской накопить ресурсы, необходимые для поддержания и размножения ее оригинальной коллекции мутантов, индуцированных с помощью химического мутагенеза, а также обновить свой методический арсенал и освоиться с американским стилем науки (рис. 6). В 1999 г. Инна Никитична была приглашена на работу в лабораторию клеточной и молекулярной биологии Калифорнийского университета в Беркли. Руководитель лаборатории в Беркли проф. Зак Канди (Z. Cande) организовал программу исследования трехмерной организации хромосомного аппарата мейоза у кукурузы. Инна Никитична предоставила свои мутанты и курировала молекулярные исследования трехмерных картин цитоскелета, организации и поведения пахитенных хромосом и другие работы. С помощью *in situ* гибридизации ДНК, иммуноцитохимии белков и новой микроскопической техники (конфокального и деконволюционного

микроскопов) она повторно изучила цитологическое проявление открытой ею в Краснодаре мутации *plural abnormalities of meiosis 1 (pam1)* (Голубовская, Машненко, 1977) и установила первопричину аномалий, которую вызывает эта мутация. (Golubovskaya et al., 2002). Голубовская стала главным экспертом цитологии мейоза и фенотипического проявления мейотических генов в хорошо оснащенной лаборатории профессора З. Канди. Под ее контролем сотрудники лаборатории клонировали несколько мейотических генов кукурузы: *afd1*, *am1*, *psh1*, *sgo1* (Golubovskaya et al., 2006). Эти находки объяснили эпистаз гена *Afd1* по отношению к остальным генам мейоза, кроме более ранних (по времени действия) генов *Mac1* и *Am1*.



Рис. 6. У ворот экспериментального поля – «Питомника кукурузы» (Corn nursery) Университета Северной Дакоты в Гранд Форксе (1994 г.) И. Н. Голубовская и Дж. Бекетт – создатель А-В транслокационных линий для всех 20 плеч хромосом кукурузы, что позволило создать полные генетические карты кукурузы в «домолекулярную» и «догеномную» эпоху

Второй американский этап.

Работа Голубовской в Калифорнийском университете

Еще в Петербурге в 80-х годах, а затем в лаборатории Шеридана Голубовская установила, что множественные мутантные аллели раннего гена *am1* действуют ступенчато. (Голубовская и др., 1992; Golubovskaya et al., 1993; 1997). Исследование пяти аллелей этого гена, изолированных Голубовской и клонированных в лаборатории Канди, выявило наличие двух функционально

важных доменов в белке-продукте гена *am1Am1*. Первый, N-концевой домен, необходим для вступления клеток в профазу I и дефектен у аллелей *am1-1* и *am1-2*. Второй домен необходим для перехода клеток из лептотены в пахитену, и он дефектен у мутантов *am1-pral*. Ген *Am1* оказался новым геном для однодольных растений, но сходным по действию с геном *Switch1* двудольного растения *A. thaliana* (Pawlowsky et al., 2009).

Инна Никитична как генетик и цитолог мейоза, овладевшая молекулярной цитогенетикой – исследованием хромосом с помощью FISH и флуоресцентной иммуноцитохимии белков – участвовала в 1999–2013 гг. в большинстве работ лаборатории проф. З. Канди, в которых другие участники исследовали белки-продукты мейотических генов у кукурузы (среди них: Namant et al., 2005; Pawlowsky et al., 2003; 2004), а также гены цитоскелета и веретена клеточного деления.



Рис. 7. В Калифорнийском университете в Беркли; слева направо: М. Грин (M. Green), бывший в 1973 г. Президентом Генетического общества Америки и неоднократно посещавший СССР, И. Н. Голубовская и З. Канди (Z. Cande); 2006 г.

Целенаправленное исследование комплекса генов мейоза у кукурузы было начато И. Н. Голубовской задолго до появления больших международных проектов по исследованию мей-генов у крестоцветного растения *A. thaliana* и нематоды *Caenorhabditis elegans* Маурас – современных «международных» модельных объектов для исследования молекулярных механизмов мейоза и, несмотря на несравненно бóльшую трудность исследования генов у кукурузы, чем у указанных быстро размножающихся модельных объектов, принесло выдающиеся результаты. Исследования мейоза у кукурузы существенно

обогастило знания о генетическом контроле мейоза. Стратегически продуманные и методически совершенные исследования И. Н. Голубовской сыграли существенную роль в мировых исследованиях генетики мейоза (рис. 7).

За 20 лет работы в США Инна Никитична опубликовала 22 статьи в англоязычных журналах: «Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA» (PNAS), «Genetics», «Developmental Genetics», «Plant Cell» и других. В 11 из этих публикаций Голубовская была первым автором. Это выдающиеся показатели. Даже в тех статьях, где она не была первым автором, ее вклад в работу отмечен, например, таким образом, как это делается в журнале PNAS. Надеюсь это интересно российским читателям. В статье (Pawlowsky et al., 2009) отмечено, что исследование задумано четырьмя соавторами, среди которых Павловский, Рашель Ву, Голубовская и Канди, исследование выполнялось семью соавторами, среди которых – тоже Голубовская, результаты анализировали восемь соавторов, в том числе Голубовская. Всего эта статья имела 10 соавторов, среди которых были руководители двух проектов: Канди и Шеридан.

Инна Никитична Голубовская вошла в мировую элиту исследователей генетики мейоза благодаря своим деловым и человеческим качествам. Она «вписалась» в интернациональное сообщество исследователей в этой области и подружилась со многими коллегами. Работоспособность и трудолюбие Инны Никитичны восхищали не только российских коллег, но и прагматичных и трудоспособных американцев. Я лично слышал это из уст обоих работодателей Голубовской профессоров Шеридана и Канди.

Инна Никитична закончила постоянную работу в лаборатории Канде в 2012 г. Со слов профессора Канди, в этой лаборатории И. Н. Голубовскую навсегда оценили как блестящего знатока цитологии и генетики мейоза.

Литература

- Голубовская И. Н. Генетический контроль поведения хромосом в мейозе // Цитология и генетика мейоза. М., 1975. С. 312–343.
- Голубовская И. Н. Картирование двух мей-генов кукурузы с помощью А-В транслокационных линий // Генетика. 1987. Т. 23. С. 698–706.
- Голубовская И. Н. Двойные мейотические мутанты кукурузы и генетический контроль мейоза // Генетика. 1988. Т. 24. С. 1649–1657.
- Голубовская И. Н., Машенков А. С. Генетический контроль мейоза I. Мейотическая мутация *Zea mays* L. *afd*, вызывающая отсутствие первого деления мейоза // Генетика. 1975. Т. 11. С. 810–816.
- Голубовская И. Н., Машенков А. С. Множественные нарушения мейоза у кукурузы, вызванные одной рецессивной мутацией *ramA344* // Генетика. 1977. Т. 19. № 11. С. 1910–1921.

- Голубовская И. Н., Сафронова В. Т., Христолюбова Н. Б. Последовательное включение мейотических генов кукурузы в процессе мейоза // Докл. АН СССР. 1980. Т. 250. № 2. С. 458–460.
- Голубовская И. Н., Ситникова Д. В. Три мейотические мутации кукурузы, нарушающие расхождение хромосом в первом делении мейоза // Генетика. 1980. Т. 16. № 4. С. 656–666.
- Шамина Н. В., Голубовская И. Н., Груздев А. Д. Морфологические нарушения веретена у некоторых мейотических мутантов кукурузы // Цитология. 1981. Т. 23. № 3. С. 275–283
- Голубовская И. Н., Урбах В. Г. Изучение аллелизма мейотических мутантов с фенотипически сходными нарушениями мейоза // Генетика. Т. 17. № 11. С. 1975–1984.
- Beadle G. W. A gene for supernumerary mitosis during spore development in *Zea mays* // Science 1929. V. 50. P. 406–407.
- Beadle G. W. Genes in maize for pollen sterility // Genetics. 1932. V. 17. P. 413–431.
- Cande W. Z., Freeling M. Inna Golubovskaya: The life of a geneticist studying meiosis // Genetics. 2011. V. 188. P. 491–498.
- Golubovskaya I. N. Genetic control of meiosis // Int. Rev. Cytol. 1979. V. 58. P. 247–290.
- Golubovskaya I. N. Meiosis in maize: mei-genes and conception of genetic control of meiosis // Adv. Genet. 1989. V. 26. P. 149–192.
- Golubovskaya I. N., Avalkina N. A., Sheridan W. F. Effect of several meiotic mutations on female meiosis in maize // Develop. Genet. 1992. V. 13. P. 411–424.
- Golubovskaya I. N., Avalkina N. A., Sheridan W. F. New insight into the role of the maize ameiotic I locus // Genetics. 1997. V. 147. P. 1339–1350.
- Golubovskaya I. N., Grebennikova Z. K. et al. The role of ameiotic 1 gene in the initiation of meiosis and subsequent meiotic events in maize // Genetics. 1993. V. 135. P. 1151–1166.
- Golubovskaya I. N., Hammer O. et al. Alleles of *afd1* dissect REC8 functions during meiotic prophase I // J. Cell Sci. 2006. V. 119. P. 3306–3315.
- Golubovskaya I. N., Khristolubova N. B. Maize meiosis and maize genes // Plant Genetics / Editor M. Freeling/ New York, 1985. P. 723–738.
- Golubovskaya I. N., Sheridan W. F. et al. The *pam1* gene is required for meiotic bouquet formation and efficient homologous synapsis in maize (*Zea mays* L.) // Genetics. 2002. V. 162. P. 1979–1993.
- Golubovskaya I. N., Sheridan W. F. et al. Novel meiotic mutants of maize identified from Mu transposons and EMS mutant screens // Maize Genet. Coop. Newsl. 2003. V. 77. P. 10–33.
- Hamant O. I., Golubovskaya I. N. et al. A REC8-dependent plant Shugoshin is required for maintenance of centromeric cohesion during meiosis and has no mitotic function // Cur. Biol. 2005. V. 15. P. 948–954.
- Pawlowski W. P., Golubovskaya I. N., Cande W. Z. Altered nuclear distribution of recombination protein RAD51 in maize mutants suggests the involvement of RAD51 in meiotic homology recognition // Plant Cell. 2003. V. 15. P. 1807–1816.

- Pawlowski W. P., Golubovskaya I. N.* et al. Coordination of meiotic recombination, pairing, and synapsis by PHS1 // *Science*. 2004. V. 303. P. 89–92.
- Pawlowsky W. P., Wang C. R.* et al. Maize AMEIOTIC is essential for multiple early meiotic process and likely requires for the initiation of meiosis // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2009. V. 106. P. 3603–3608.
- Sheridan W. F., Avalkina N. A.* et al. The *mac1* gene controlling the commitment to the meiotic pathway in maize // *Genetics*. 1996. V. 142. P. 1009–1020.
- Sheridan W. F., Golubeva E. A.* et al. The *mac1* mutation alters the developmental fate of the hypodermal cells and their cellular progeny in the maize anther // *Genetics*. 1999. V. 158. P. 933–941.

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

COLLECTIONS OF WORLDWIDE CROP GENETIC RESOURCES IN THE DEVELOPMENT OF PRIORITY BREEDING TRENDS

УДК 633.13:631.527.5 DOI:10.30901/0202-3628-2015-1-37-46

МИРОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАК ОСНОВА АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ ОВСА

Г. А. Баталова

Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, Киров, Россия,
e-mail: g.batalova@mail.ru

Резюме

С использованием генетической коллекции овса Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР) созданы методами отбора и гибридизации конкурентоспособные сорта овса пленчатого и голозерного, устойчивые и/или толерантные к лимитирующим их продуктивность регионспецифичным экологическим факторам. Среди них распространённые в РФ сорта овса 'Аргамак', 'Креchet', 'Гунтер', новые – 'Сапсан' и 'Аватар', сочетающие высокую урожайность (8,0–11,2 т/га) с устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам. Ежегодно в параллельных коллекционных питомниках на двух окультуренных (Киров, Фаленки) и естественно кислом (Фаленки, Al³⁺ 13,45–17,23 мг-экв./100 г почвы) фонах дерново-подзолистых почв оценивают 250–350 образцов. Показано, что для расширения спектра рекомбинаций следует создавать смешанные гибриды на основе пленчатых и голозерных генотипов. С привлечением в скрещивания пленчатых и голозерных источников создан голозерный сорт овса 'Першерон', включённый в Госреестр РФ с 2013 г., пленчатый овес 'Медведь' с высоким качеством зерна передан на Государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: овес, сорта пленчатые, голозерные, селекция, источники, гибридизация, отбор.

GLOBAL DIVERSITY AS A BASIS OF ADAPTIVE OAT BREEDING

G. A. Batalova

N. V. Rudnitsky Zonal North-East Agricultural Research Institute, Kirov, Russia,
e-mail: g.batalova@mail.ru

Summary

Competitive varieties of covered and naked oats resistant and/or tolerant to region-specific ecological factors limiting their productivity have been developed by selection and hybridization techniques using the germplasm from VIR's oat collection. Among them there are oats varieties widely cultivated in Russia, such as Argamak, Krechet and Gunter, and new varieties Sapsan and Avatar combining high productivity (8–11.2 t/ha) with resistance

to biotic and abiotic stressors. From 250 up to 350 oat samples are evaluated annually in parallel collection nurseries on two cultivated (Kirov and Falenki) and one naturally acidified (Falenki, 13.45–17.23 mg-equiv. Al^{3+} /100 g of soil) plots of soddy-podzolic soils. It is shown that expanding the spectrum of recombinations requires development of mixed hybrids on the basis of covered and naked genotypes. Thus, using covered and naked source materials in crossings, the naked oat cultivar Persheron has been released and included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation since 2013; and the covered oat cultivar Medved with high grain quality has been submitted to the State Crop Variety Trials.

Keywords: oats, covered varieties, naked varieties, breeding, sources, hybridization, selection.

Введение

Овес – традиционная в земледелии России зернофуражная кормовая культура, возделываемая с X–XI веков, а по некоторым источникам – с VII века. Россия, несмотря на спад производства, остается ведущим мировым производителем зерна овса – 4,76 млн. т (18,8–20,0%) в среднем за 2011–2013 гг., что на уровне 2006–2010 гг. – 4,94 млн. т, но существенно меньше показателя 80–90-х годов прошлого столетия (14–15 млн. т), когда площадь посева овса достигала 9,10 млн. га. Сокращение производства зерна овса связано с уменьшением посевных площадей (3,32 млн. га в 2013 г.), определяемое заменой использования лошадей на перевозках и сельскохозяйственных работах машинными технологиями, значительным сокращением поголовья скота, изменением структуры кормов в животноводстве. С другой стороны, в последнее десятилетие площади и производство овса стабилизировались, и даже отмечена тенденция к их увеличению. Овес приобретает все большее значение как культура продовольственная. Оптимальное сочетание в зерне белка, жиров и углеводов, наличие необходимых человеку аминокислот и витаминов, микроэлементов, антиоксидантов, возможность использования в аглютиновой диете делают его важной составляющей диетического и функционального питания человека.

В России, как и в мировом земледелии, распространен овес пленчатый, урожайность его невысока и значительно варьируется по годам. В последнее десятилетие она изменялась в РФ от 1,82 т/га (2011 г.) до 1,44 т/га (2010 г.) и 1,41 т/га (2012 г.), в прошедшем 2013 г. составила 1,64 т/га. Это один из самых низких показателей мирового земледелия. В среднем по странам Евросоюза и в США урожайность овса составляет 3,00 т/га. В качестве причин нестабильности производства овса в России следует отметить несоответствие технологии возделывания требованиям генетически обусловленного потенциала продуктивности современных сортов, отношение к овсу как малоценной культуре, замыкающей севооборот. Значительное влияние на стабильность производства зерна оказывают экологические факторы: уровень увлажнения, инсоляция, качество почвы. Важнейшим фактором роста урожая и стабилизации производства зерна овса является селекция адаптивных сортов с

высоким потенциалом продуктивности, имеющих максимально высокую степень ее реализации независимо от складывающихся экологических лимитов (Жученко, 2009).

В современных условиях актуальна регионспецифичная селекция, определяемая не только естественными факторами окружающей среды, лимитирующими продуктивность культуры, но и социально-экономическими условиями, специализацией аграрного сектора экономики, определяющими уровень земледелия конкретной территории. С учетом все большего использования овса в качестве продовольственной культуры, а также для расширения включения его в рационы животных и птицы необходимы селекция и возделывание не только традиционного овса пленчатого, но и голозерного. Исследования по селекции голозерного овса успешно проводятся в Канаде, Финляндии, Англии, Чехии, других странах, но он не получил широкого распространения и по настоящее время. В качестве основной причины приводится низкая относительно пленчатого овса урожайность. Однако исследования показали, что выход крупы из голозерных сортов составляет 99,2 %, из пленчатых – 71,5%, а голозерность не является препятствием для создания высокоурожайных сортов (Cleland, 1976). Изготовление же пищевых концентратов из овса голозерного упрощает процесс производства, увеличивает выход готовой продукции на 20–25%, снижает ее себестоимость. Использование его в рационах сельскохозяйственных животных и птицы позволяет заменить часть зерна кукурузы, ячменя и пшеницы. Имеются данные, что голозерный овес может стать культурой, альтернативной кукурузе, в северных регионах, где она растет плохо (Hunton, 1995; Peltonen-Sainio et al., 2004; Халецкий и др., 2007).

Основой успешной селекции является изучение и привлечение в селекцию мирового разнообразия овса (более 12,5 тыс. образцов), сохраняемого и поддерживаемого в генетическом банке ВИР – Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова (Родионова и др., 1994; Лоскутов, 2007). Огромное генетическое разнообразие коллекции ВИР позволяет выявить генотипы с различными признаками и биологическими свойствами и является наиболее коротким и простым путем получения ценных селекционных форм.

Начало селекционного улучшения овса пленчатого в Зональном научно-исследовательском институте сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (НИИСХ Северо-Востока), ранее – Вятская земская сельскохозяйственная опытная станция, относится к 1896 г. В селекцию в качестве исходного материала привлекали местные сорта и выделенные из них аборигенные формы. В работу включали входящие в виде примеси в местные сорта западноевропейские образцы и овес ‘Мильтон’ (Германия). К 1924 г. на станции было создано 20 сортов: ‘Жемчужина’, ‘Мираж’, ‘Магистраль’, ‘Орловский’ и другие. Это был период использования методов индивидуального и массового отборов. К началу 40-х годов XX века местный вятский материал был полностью проработан, были созданы сорта ‘Рекорд’ и

‘Вятский 6522’, в селекционный процесс все больше стали вовлекать местный и селекционный материал из областей и республик бывшего СССР, зарубежный материал генофонда ВИР. Методом массового отбора по устойчивости к поражению заболеваниями и вредителями, продуктивности растений и крупности зерна из образца ‘Petkus Neuzucht’ (Германия) был получен и в 1964 г. районирован урожайный по зерну и зеленой массе сорт овса ‘Фаленский 1’. Сорт находился в районировании до 1993 г. и занимал более 4 млн. га в посевах овса на территории бывшего СССР.

Селекционная работа с голозерным овсом в Волго-Вятском регионе была начата в шестидесятых годах XX века. В лаборатории селекции и семеноводства овса Фаленской селекционной станции НИИСХ Северо-Востока создали сорта ‘Любимец’ и ‘Пионер’, но исследования прекратили из-за не востребоваемости овса данного типа. В 1994 г. селекцию возобновили с привлечением генетической коллекции ВИР, когда изменились социально-экономические условия сельскохозяйственного производства, повысились требования к качеству питания населения, а современные технологии обеспечили создание благоприятных условий для получения высоких урожаев сортов овса без пленки.

Материалы и методы

Исследования по селекции овса пленчатого и голозерного проведены в отделе овса НИИСХ Северо-Востока и Фаленской селекционной станции НИИСХ Северо-Востока в соответствии с общепринятыми методами (Методические указания ... 1973; 2012) и методиками (Методика государственного сортоиспытания ... 1971; 1985). Основной метод в селекции – внутри- и межвидовая гибридизация в сочетании с индивидуальным и массовым отбором, комплексной оценкой по основным хозяйственным и биологическим признакам. Местоположение института – центральная агроклиматическая зона Кировской области (г. Киров), станции – северо-восточная часть центральной агроклиматической зоны. Это обуславливает значительные различия в прохождении фаз вегетации и, соответственно, скрининг адаптивных генотипов. Так, коллекционные и селекционные питомники овса высевают на территории опытного поля института в период с 25 апреля по 3 мая, что на 6–16 дней раньше, чем в Фаленках (4–22 мая). Соответственно этому фаза полных всходов наступает 9–16 мая и 14 мая–1 июня. Различие для фазы выметывания составляет 7–14 дней. Фаза восковой спелости отмечается в институте в период с 15 июля по 8 августа, на станции – с 24 июля по 22 августа. Однако в ряде лет, например, в 2013 г., даты составили 15 июля–4 августа и 14 июля–11 августа соответственно. Это связано с особенностями распределения агроклиматических ресурсов в 2013 г., когда в первой и второй декадах июля месяца в Фаленках выпало только 3 и 1 мм осадков соответственно, в Кирове – 13 и 9 мм. К концу третьей декады месяца сумма осадков в Кирове составила 76 мм, в Фаленках – 45 мм, или 81 и 64% нормы соответственно, на фоне повышенных температур.

Высокие температуры (до +31° и +33°) и недостаточное увлажнение привели к ускорению прохождения периодов цветения-формирование зерна-созревание зерна, особенно на посевах Фаленской селекционной станции, где отмечали засуху атмосферную, переходящую в почвенную.

Исследования проведены на окультуренной (рН 5,4–6,9) и кислой (рН 4,4–4,7; Al^{3+} 13,45–17,23 мг-экв./100 г почвы) дерново-подзолистой почве с содержанием гумуса 2,27–2,91%. Почва, типичная для республик Марий Эл – 79,6% и Удмуртская – 82,0%, Пермского края – 75,0%, Кировской – 83,0% и Нижегородской – 50,0% областей, других территорий. Почва опытного поля института имела более высокое содержание P_2O_5 – 252,3–306,6 мг/100 г почвы и K_2O – 295–390 мг/100 г почвы, чем станции – 61,8 мг/100 г почвы и 24,2 мг/100 г почвы соответственно. Обработка данных произведена с использованием программы AGROS 2.07 и пакета прикладных программ Microsoft Excel из стандартного набора Microsoft Office.

Результаты и обсуждение

С 1928 г. для создания новых сортов овса вятские селекционеры используют наряду с отбором искусственную гибридизацию (Рудницкий, 1928). Первый сорт овса гибридного происхождения – ‘Скороспелый’ – был передан на государственное испытание только в 1970 г. (таблица), поскольку широкое комплексное изучение коллекционного материала овса генбанка ВИР для подбора родительских форм начали осуществлять лишь с 1959 г. В скрещивания стали привлекать географически отдаленные формы. Уже в 1962 г. в F_2 популяции [(‘Вятский 6522’ × ‘Leitewickj’) × ‘Seakan’] было отобрано пять тысяч линий по продуктивности и скороспелости. Из них наибольший интерес представляли три линии, среди них сорт ‘Скороспелый’. Далее с использованием генофонда ВИР были созданы и в последующем допущены в производство скороспелые сорта ‘Фаленский 3’, ‘Кировец’, ‘Чиж’ и ‘Теремок’. В дальнейших исследованиях индивидуальный отбор как основной метод селекции продолжали применять. В 1978 г. районировали продуктивный скороспелый сорт ‘Кировский’ – спонтанный мутант, выделенный по устойчивости к пыльной головне из скороспелого образца ‘Flamingskrone’ (Германия).

В Центральном и Волго-Вятском регионах России 75–80% посевных площадей овса занимают сорта местной селекции. Среди них сорта пленчатого овса ‘Кречет’, ‘Гунтер’, ‘Эклипс’ селекции НИИСХ Северо-Востока и Фаленской селекционной станции, которые допущены в производство в 2005–2011 гг., а также ранее созданные сорта ‘Аргамак’, ‘Факир’, ‘Фауст’, ‘Дэнс’. Все сорта созданы с привлечением в скрещивания источников коллекции ВИР. Например, для селекции адаптивного овса ‘Кречет’, занимающего в рейтинге распространения сортов по России 8-е место, использовали источники из Германии АС 805 и ‘Siegfried’. Сорт сочетает высокую урожайность (до 9,0 т/га) с устойчивостью к алюмоотоксичности кислых почв, толерантностью к

засухе и высоким качеством зерна: пленчатость 25,5%, содержание белка 13,2%, натура до 570 г/л. 'Кречет' формирует высокий стабильный урожай зерна. Например, в СПК «Красный Октябрь» Кировской области урожайность в 2009–2013 гг. варьировалась от 4,5 (засушливый 2010 г.) до 5,8 т/га.

Результаты селекции овса в НИИСХ Северо-Востока

Сорт	Родительские формы	Год	
		передачи на ГСИ	районирования*
Рекорд	Из местных форм Яранского уезда	1936	1940
Вятский 6522	Из местного крестьянского овса Вятской губернии	1939	1946
Фаленский 1	Petkus Neuzucht 253	1960	1964
Скороспелый	Вятский 6522, Seakan, Leitewickj	1970	1974
Янтарь	Вятский 6522, Seakan, Leitewickj	1972	
Аккорд	Вятский 6522, Seakan, Leitewickj	1973	
Кировский	Flamingskrone	1973	1978
Фаленский 3	Вятский 6522, Leitewickj, Фаленский 1	1979	1985
Кировец	Янтарь, Ryhti	1985	1990
Штрих	Borreck, Кировский	1987	
Факир	Chief, Tiger	1992	1995
Чиж	Endspurt, Кировский	1993	1996
Теремок	К-11984, Tiger	1994	1996
Аргамак	Etzel, Писаревский	1994	1996
Дэнс	Siegfried, Улов	1999	2002
Фауст	Штрих, Putnam 61, Sörbo, Скакун	1999	2002
Кречет	АС 805, Siegfried	2002	2005
Гунтер	Кировский, Putnam 61 Sörbo	2004	2007
Вятский (гол.)	Adam	2004	2007
Эклипс	Wilma, Кировский, Putnam 61, Sörbo	2007	2011
Першерон (гол.)	ОА 503/1, Улов	2009	2013
Буцефал	Lorenz, Charlotte	2009	
Сапсан	Freja, Улов	2012	
Аватар	Dolphine, IL 85-2069	2012	
Медведь	Adam, Rodney E	2013	

Примечание: * – год районирования или включения в Госреестр России

Среднеспелые сорта 'Гунтер' и 'Эклипс', урожайные по зерну (9,0–11,2 т/га) и кормовой массе (7,6–8,2 т/га), имеют генплазму устойчивого к пыльной головне сорта 'Кировский', полученного на Фаленской селекционной станции из образцов ВИР 'Flamingskrone' (Германия), 'Putnam 61' (США) и 'Sörbo' (Швеция). Овес 'Гунтер' устойчив к полеганию и засухе, имеет крупное

выполненное зерно высокого качества (натура – 490–550 г/л, белок – 10,5–12,9%, жир – 5,2%, крахмал – 52,5%, перевариваемость *in vitro* – 40,4%), занимает 13 позицию в рейтинге сортов овса в Российской Федерации.

Процесс создания нового сорта состоит из нескольких этапов: изучение и подбор компонентов для скрещиваний, гибридизация, скрининг, комплексное изучение линий и перспективных сортов в селекционных и инфекционных питомниках, конкурсном и экологическом испытаниях. Ежегодно в параллельных коллекционных питомниках на двух окультуренных (Киров, Фаленки) и одном естественно кислом (Фаленки, Al^{3+} 13,45–17,23 мг-экв./100 г почвы) фонах дерново-подзолистых почв оценивают 250–350 образцов из коллекции ВИР, часть их изучают в условиях искусственных инфекционных питомников пыльной головки, корончатой ржавчины, корневых гнилей, на провокационном фоне шведской мухи. Обязательной является оценка устойчивости к поражению болезнями и вредителями для всего исходного и селекционного материала в условиях естественного поражения.

Несмотря на привлечение в селекцию эффективных доноров и источников, до сих пор в селекции овса не решена задача полного сочетания высоких урожаев качественной продукции с устойчивостью к болезням в одном сорте. Чаще удается получить слабовосприимчивые генотипы. На государственное испытание передан в 2012 г. высокоурожайный по зерну (до 8,4 т/га) и сухому веществу (до 8,6 т/га) сорт овса пленчатого ‘Аватар’, устойчивый (поражение менее 7%) на искусственном инфекционном фоне к пыльной головке и гельминтоспориозным пятнистостям листьев. В создании сорта использовали два культурных вида овса. Вид *Avena sativa* L. (овес посевной), распространенный в посевах России и других стран, был представлен образцом IL 85-2069 из США, сочетающим урожайность (740 г/м²) и высокую озерненность метелки с нейтральной фотопериодической реакцией. Второй компонент скрещиваний – урожайный (756 г/м²), крупнозерный, устойчивый к патогенам образец ‘Dolphin’ из Австралии относится к менее распространенному виду *A. byzantina* C. Koch (овес византийский).

Фактором, лимитирующим урожайность овса в Северном, Северо-Западном, Волго-Вятском, ряде других регионов страны, является не только продолжительность периода вегетации, но и низкое естественное плодородие часто закисленных, дерново-подзолистых почв. По результатам исследований 2002–2012 гг. создан среднеранний толерантный к почвенной кислотности сорт ‘Сапсан’ с урожаем зерна до 9,1 т/га и сбором сухого вещества до 9,7 т/га. На первом этапе селекции был получен гибрид от скрещивания адаптивных к условиям Волго-Вятского региона образцов ‘Freja’ (Швеция) и ‘Улов’ (Россия), затем в F₂ провели насыщение гибрида генетическим материалом образца ‘Улов’, в F₃ [(‘Freja’ × ‘Улов’) × ‘Улов’] выделили толерантную к почвенной кислотности линию 137h06 – сорт ‘Сапсан’. Новый сорт имеет крупное (38,5 г) выполненное низкопленчатое зерно (24,2%) с высокими показателями качества: натура – 593 г/л, белок – 13,6%, жир – 4,0%, крахмал – 40,7%, выход крупы – 68,2%.

Наряду с селекцией скороспелых сортов овса необходимо создание средне- и позднеспелых генотипов, обеспечивающих более длительный период функционирования фотосинтезирующего аппарата растений и соответственно более высокую их продуктивность. В 2013 г. завершены исследования по селекции среднеспелого сорта овса пленчатого ‘Медведь’. Первое скрещивание – линия № 29–99 [‘Adam’ (Чехия, голозерный) × ‘Rodney E’ (Канада, пленчатый)] – было направлено на улучшение показателей качества зерна и устойчивости к поражению пыльной головней. Для создания адаптивной к регионспецифичным биотическим и абиотическим экологическим факторам формы провели второе скрещивание. Полностью пленчатые потомства элитных растений F₃ линии № 29-99 (материнская форма) опыляли скороспелым сортом ‘Улов’ (Россия, пленчатый). В F₄ тройного гибрида № 17-02 [(‘Adam’ × ‘Rodney E’) × ‘Улов’] осуществили скрининг лучших элитных растений, среди которых в F₆ выделили среднеспелую устойчивую к пыльной головне на естественном инфекционном фоне линию 194h06 – сорт ‘Медведь’ с урожайностью выше родительского сорта ‘Улов’ на 119,6%, к стандарту ‘Аргмак’ – на 124,1%. Новый сорт сочетает высокую урожайность зерна (до 8,1 т/га) и сухого вещества (до 10,7 т/га) с толерантностью к почвенной кислотности. Сорт овса ‘Медведь’ имеет крупное (масса 1000 зерен - 41,9 г) высокого качества зерно: натура – 575 г/л, белок – 13,7%, слабо поражается пыльной головней на искусственном инфекционном фоне (до 10%), на естественном – устойчив (0%), поражение корневыми гнилями не более 0,8%, толерантен к шведской мухе.

Недостатком при откорме животных и переработке считается наличие у овса пленки. Пленчатость негативно отражается на натурной массе и выходе ядра, качестве корма, в то время как современное аграрное производство и перерабатывающая промышленность предъявляют высокие требования не только к уровню урожайности и ее стабильности, но и к качеству продукции, в т.ч. зерна для производства продуктов детского, диетического и функционального питания. Голозерность у овса обуславливает изменения в накоплении питательных и антипитательных веществ в зерновке. При существенном накоплении белка и крахмала содержание клетчатки снижается в несколько раз, возрастает переваримость протеина и количество минеральных веществ. Для овса голозерного характерно более высокое процентное содержание белка – на 2,1–3,5%, жира – на 2,5–3,0%, аминокислот (лизина и аргинина). Голозерные сорта отличаются от пленчатых лучшей сбалансированностью белка по аминокислотному составу (Moudry, 1998; Баталова, 2013).

Несмотря на разнообразие методов современной селекции – постгеномные технологии, генетическая трансформация – классические методы отбора и гибридизации остаются важнейшими, а отбор не потерял значения как самостоятельный метод создания сортового разнообразия. С применением индивидуального отбора из голозерного образца коллекции ВИР ‘Adam’ (Чехия) в питомнике исходного материала 1995 г. и последующего

многократного негативного скрининга по голозерности создан сорт овса голозерного 'Вятский'. Для контроля признаков продуктивности и стабильности голозерности в селекционных питомниках родоначальную линию сорта И-2449 сравнивали с пленчатыми стандартами 'Аргамак' и 'Улов', родительской формой 'Adam', начиная с 2001 г. – с сортом 'Тюменский голозерный'. Урожайность нового сорта на сортоучастках Кировской области достигла 4,65 т/га, прибавка к стандарту – 1,35 т/га, отклонение от среднего показателя за 2005–2006 гг. – 0,66 т/га. Вятский имел повышенную натуру зерна – 618–647 г/л, массу 1000 зерен до 30,1 г, был устойчив к осыпанию и полеганию, содержание белка в зерне составило 16,7 %, жира – 4,4 %. Сорт внесен в Госреестр с 2007 г., возделывается в Кировской, Нижегородской, Ленинградской, Липецкой, Ростовской областях, других административных территориях.

Параллельно с оценкой селекционно-значимых признаков в коллекционных питомниках овса голозерного проводили исследования по изучению донорских свойств голозерных форм как в скрещиваниях только голозерных генотипов, так в прямых и обратных скрещиваниях голозерных и пленчатых источников, а также направленные скрещивания и скрининг в гибридных популяциях по признакам голозерность и пленчатость. Как было отмечено ранее, с использованием голозерного образца 'Adam' создан сорт пленчатого овса 'Медведь'. С другой стороны, сорт голозерного овса 'Першерон', допущенный в производство с 2013 г., выделен из гибрида смешанного типа: материнская форма – голозерный образец ОА 503/1 (Канада), отцовская форма – пленчатый сорт 'Улов' (Россия). Как в случае селекции сорта 'Медведь', так и у сорта 'Першерон' гибридную популяцию смешанного типа разделяли на две части: голозерную и пленчатую, высевали их отдельно. При необходимости разделяли повторно, затем проводили скрининг из пленчатой или голозерной части в соответствии с направлением селекции, осуществляли стабилизирующий отбор. Было установлено, что получение гомозиготных пленчатых форм от смешанных скрещиваний происходит быстрее, чем голозерных.

Заключение

Использование генетических источников мирового разнообразия овса, сосредоточенного в генбанке ВИР, позволяет вести селекцию конкурентоспособных для условий европейского Северо-Востока РФ сортов пленчатого и голозерного овса. Сорта овса, отселектированные на фоне регионспецифичных экологических факторов (почвенная кислотность, ежегодное проявление элементов засухи в критические периоды развития культуры), конкурентоспособны и для других территорий страны. Для расширения спектра рекомбинаций следует создавать смешанные гибриды с привлечением пленчатых и голозерных генотипов. В селекции голозерного овса

наряду с гибридизацией и последующим отбором возможно применение отбора как самостоятельного метода селекции.

Литература

- Баталова Г. А.* Овес в Волго-Вятском регионе. Киров, 2013. 288 с.
- Жученко А. А.* Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. М., 2009. Т. II. 1104 с.
- Лоскутов И. Г.* Овес (*Avena* L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. СПб., 2007. 335 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.* М., 1971. 298 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.* М., 1985. 230 с.
- Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса.* Л., 1973. 29 с.
- Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса.* СПб., 2012. 64 с.
- Родионова Н. А., Солдатов В. Н., Мережко В. Е. и др.* Овес // Культурная флора. М., 1994. Т. 2. Ч. 3. 367 с.
- Рудницкий Н. В.* Работы отдела селекции сельскохозяйственных растений // Труды Северо-Восточной Вятской областной с.-х. опытной станции. Вып. IV (47). 1928. 76 с.
- Халецкий С. П., Сорока С. В. и др.* Технология получения высокой урожайности овса // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сборник научных материалов, 2-е изд. Минск, 2007. С. 158–164.
- Cleland R.* Fusicoccin – unduced growt and hydrogen ion excretion of *Avena colioptiles*: relation to auxin responses // *Planta*. 1976. № 3. P. 201–206.
- Hunton P.* Alternative feed ingredients a real breakthrough // *Poultry International*. 1995. V. 34. № 2. P. 30–31.
- Moudry J.* The quality of naked oat // *Cereals for human health and preventive nutrition. Session II*. 1998. P. 91–95.
- Peltonen-Sainio P., Kirkkary A. M., Jauhianen L.* Characterising strengths, weakness, opportunities and threats in producing naked oat as a novel crop for northern growing conditions // *Agricultural and Food Science*. 2004. V. 13. № 1–2. P. 212–228.

СОСТАВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ В БЕЛАРУСИ

З. А. Козловская

Институт плодководства НАН Беларуси, аг. Самохваловичи, Минского района,
Беларусь, e-mail: zoya-kozlovskaya@tut.by

Резюме

На основе национальной коллекции яблони, включающей 1273 сортообразца, создан генетически разнообразный исходный материал с привлечением потомков диких мелкоплодных видов яблони (*Sorbomalus*, *Baccatae* и *Prunifolia*), являющихся источниками и донорами иммунитета к парше и мучнистой росе. Сформирована новая рабочая признаковая коллекция источников и доноров устойчивости к грибным болезням. С помощью молекулярных маркеров выявлены крупноплодные доноры – носители 2–3 олигогенов устойчивости к парше в одном геноме, мелкоплодные доноры – носители 1–3 олигогенов устойчивости к мучнистой росе. Созданы новые сорта яблони позднего срока созревания ‘Белана’, ‘Дыямент’, ‘Зорка’, ‘Красавіта’, ‘Нававіта’, ‘Сакавіта’, высокоустойчивые к парше и с высоким качеством плодов.

Ключевые слова: яблоня, коллекция, межвидовые гибриды, гены, устойчивость к парше и мучнистой росе, сорт.

COMPOSITION AND UTILIZATION OF THE APPLE-TREE COLLECTION IN BELARUS

Z. A. Kazlouskaya

Institute for Fruit Growing, NAS of Belarus, Samokhvalovitchy, Minsk reg., Belarus, e-mail: zoya-kozlovskaya@tut.by

Summary

The national collection of apple-tree varieties consisting of 1,273 accessions was used to develop genetically diverse source material developed involving progenies of wild small-fruit apple species (*Sorbomalus*, *Baccatae* and *Prunifolia*) – sources and donors of immunity to scab and powdery mildew. A new trait-specific working collection of fungal disease resistance sources and donors has been established. Using molecular markers made it possible to identify large-fruit donors with 2–3 oligogenes of apple scab resistance in the same genome, and small-fruit donors with 1–3 oligogenes of powdery mildew resistance. New late-ripening apple-tree cultivars Belana, Diyament, Zorka, Krasavita, Navavita and Sakavita with high scab resistance and high fruit quality have been developed.

Keywords: apple, collection, interspecific hybrids, genes, scab and powdery mildew resistance, cultivar.

Введение

Важное место в решении задач современного сельского хозяйства, связанных с интенсификацией плодководства, занимает создание и широкое

использование сортов и гибридов нового поколения. Возрастающие требования к современным сортам в отношении их устойчивости к стрессовым факторам определяют все большую адаптивную и экологическую направленность селекции. Основой успешной селекции следует считать рациональное использование генетического разнообразия растений. В мире в настоящее время активно ведется работа по селекции яблони в 57 государственных и частных коммерческих организациях. Согласно анализу селекционных программ приоритетом является получение сортов, устойчивых к парше [возбудитель – *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.] и мучнистой росе (возбудитель – *Podosphaera leucotricha* Salm.). Актуально создание сортов, устойчивых к этим заболеваниям и в Беларуси.

Ежегодно генетический фонд ведущих селекционных учреждений пополняется высокопродуктивными и устойчивыми к биотическим факторам среды новыми образцами. Огромный интерес представляет изучение в условиях Республики Беларусь адаптивно-экологического потенциала интродуцированных сортов и использование лучших из них в качестве источников геноплазмы важнейших селекционируемых признаков в работе по созданию белорусских сортов новой генерации. Только при условии мобилизации генетических ресурсов и формирования активных рабочих, целевых признаков и генетических коллекций возможно создание нового ценного элитного материала для обеспечения продовольственной безопасности страны. Мониторинг имеющихся коллекций, экспедиционное обследование садов страны, а также активное проведение биоисследовательской деятельности по сбору староместных уникальных сортов и форм в местах их естественного произрастания, выявление высокопродуктивных с высоким качеством плодов образцов, проявивших на протяжении нескольких десятилетий высоко адаптивные свойства, позволяет использовать генетический потенциал данных форм в селекционной работе и отдельные из них рекомендовать производству.

В РУП «Институт плодоводства» на протяжении всей истории селекции яблони программа гибридизации включает два основных направления: создание товарных сортов и создание нового исходного материала с использованием диких видов. Для создания товарных сортов использовали исходные формы различного географического и генетического происхождения: американские, российские, западноевропейские сорта, кроме того, широко использовали старые местные сорта, такие как ‘Антоновка’, ‘Бабушкино’, ‘Боровинка’ и другие, которые обладают полигенной устойчивостью к комплексу заболеваний и хорошим вкусом плодов. Для создания современных белорусских сортов в качестве источников высокого качества плодов были использованы элитные гибриды – потомки сорта ‘Лавфам’ и устойчивые к парше носители гена *Rvi6* сорт ‘Либерти’, шведский отбор VM 41497 и другие. В настоящее время новые белорусские сорта ‘Сябрына’, ‘Память Коваленко’, ‘Дарунак’, ‘Поспех’, ‘Надзейны’, ‘Имант’, ‘Весялина’ уже широко распространены в промышленных садах в Беларуси и обладают хорошим сочетанием наиболее экономически важных признаков: высокая урожайность,

устойчивость к парше, крупноплодность, вкус, привлекательный внешний вид (Козловская, 2011; 2013).

Коллекция диких видов – это важнейший источник ценных форм яблони и, прежде всего, для селекции на устойчивость к наиболее губительным патогенам и вредителям, а также для получения скороплодных генотипов. Изучение экологического и адаптивного потенциала межвидовых гибридных форм и выделение лучших из них позволяет увеличить генетическое разнообразие плодовых культур и создать качественно новый гибридный фонд. Дикие виды яблони несут в себе мощный потенциал устойчивости к болезням, образовавшийся в результате сопряженной эволюции растения и паразита в природных условиях. В ряде случаев дикие виды – единственный источник устойчивости к тем или иным болезням (Вавилов, 1986). Привлечение диких видов яблони, устойчивых к парше и другим заболеваниям, является перспективным способом привнесения генов устойчивости в культурные сорта. Кроме того, ряд диких видов яблони отличается зимостойкостью и высоким уровнем биологически активных веществ, их использование открывает широкие возможности в получении новых форм и сортов с ценными свойствами (Козловская, 2003). Успешным примером использования видовой яблони в селекции на устойчивость к болезням является клон 821 *M. × floribunda* Sieb. – донор иммунитета к парше (ген *Rvi6*), на основе которого создано большинство современных иммунных сортов яблони.

В современных условиях развития науки только кооперация и согласованное взаимодействие научных потенциалов различных селекционных учреждений при условии активного использования современных наработок и методов позволяет провести быструю оценку новых комплексных источников ценных признаков и выделить из нового гибридного фонда элитные отборы за максимально короткий период времени.

С 2006 г. начата работа по ДНК-паспортизации коллекционных сортов яблони благодаря сотрудничеству с лабораторией молекулярных исследований Института генетики и цитологии НАН Беларуси: разработана система идентификации генов устойчивости и ДНК-паспортизации генотипов яблони (Urbanovich, 2009, Урбанович, 2013). Разработаны ДНК-паспорта 112 образцов (сортов, видов и межвидовых гибридов) яблони для создаваемой компьютерной базы данных.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы была оценка существующей коллекции яблони и создание новой рабочей признаковой коллекции генотипов, устойчивых к парше и мучнистой росе на основе анализа результативности гибридизации в предыдущий 20-летний период.

Материалы и методы

Материалы. В настоящее время коллекции плодовых культур РУП «Институт пловодства» признаны Национальным достоянием Беларуси. Национальная коллекция яблони насчитывает 1273 образца: 546 сортов яблони

домашней – *Malus domestica* Borkh., формы диких видов: 7 – *M. baccata* (L.) Borkh., 5 – *M. coronaria* (L.) Mill., 1 – *M. ioensis* (Wood.) Britt., 1 – *M. kansuensis* (Batal.) C. K. Schneid., 1 – *M. mandshurica* (Maxim.) Kom., 1 – *M. mandshurica* subsp. *sachalinensis* (Kom.) Likh., 36 – *M. sieboldii* (Regel) Rehd., 1 – *M. sieversii* f. *niedzwetzkyana* (Dieck.) Langenf., 1 – *M. sikkimensis* (Wenzig) Koehne, 1 – *M. sylvestris* (L.) Mill., а также отборы, полученные с участием гибридных видов: 55 – *M. ×atrosanguinea* (Spath) C. K. Schneid., 1 – *M. ×cerasifera* Spach, 286 – *M. ×floribunda*, 2 – *M. ×micromalus* Makino, 1 – *M. ×platycarpa* Rehd., 7 – *M. ×prunifolia* (Willd.) Borkh., 5 – *M. ×purpurea* (Barbier) Rehd., 1 – *M. ×robusta* (Carr.) Rehd., 2 – *M. ×sargentii* (Rehd.) Langenf., 1 – *M. ×scheideckeri* Spath, 1 – *M. ×spectabilis* (Ait.) Borkh., 7 – *M. ×zumi* Rehd. и 303 межвидовых гибрида. Наиболее многочисленной группой в коллекции представлена яблоня домашняя, к которой относятся сорта: местные, среднерусские, прибалтийские, уральские, западноевропейские, южные и американские. Разнообразие данной группы сортов очень велико, что обусловлено участием в их создании многих видов яблони.

При формировании признаковой коллекции учитывали генетическое происхождение образцов, их принадлежность к определенным видам и группировали в соответствии с системой В. Г. Лангенфельда (1991).

Климатические условия. Климат Беларуси определяется умеренными широтами и отсутствием орографических препятствий. Важным фактором является плоский рельеф и большая удаленность от Атлантического океана. Климат характеризуется как умеренно-континентальный. Вегетационный период длится с середины апреля до октября. Общая продолжительность периода с температурой выше +5°C составляет 180–208 дней. Максимальная сумма положительных температур выше +5°C составляет 2918 С, в среднем – 2517 С в течение последнего десятилетия. Годовая сумма осадков колеблется от 512 до 864 мм, в среднем составляет 500–600 мм, но в вегетационный период сумма осадков варьируется от 247 до 614 мм за суммарный период 41–88 дней. В июне средняя температура составляет 18,3–19,0 С.

В последние 20 лет центральная часть Беларуси характеризуется неустойчивой зимней погодой, отмечаются частые колебания температур. Понижение температуры до –15...–20°C в течение 10–15 дней сменяется оттепелями 0,3–6°C продолжительностью 13–22 дней. Раз в десять лет температура воздуха в ноябре опускается до –24,3°C. Морозы около –29...–32°C происходят раз в пять лет длительностью 15–28 дней в январе – феврале. Ежегодно морозный период в марте с температурой –7...–13°C составляет от четырех до восьми дней, один раз в пять лет наблюдается понижение температуры до –21...–25°C на протяжении морозного периода 10–13 дней. Временами отрицательная температура опускается до –34...–37°C на поверхности почвы, как например в феврале 2010 и 2012 годов.

Методы. Оценка хозяйственно полезных признаков, включая степень устойчивости коллекционных образцов к болезням, определялась в полевых

условиях и на искусственном инфекционном фоне согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых ягодных и орехоплодных культур» (1999).

Для проведения молекулярных исследований была сформирована рабочая коллекция из 130 генотипов различного генетического и эколого-географического происхождения, включающая сорта и гибриды белорусской селекции. Лабораторией молекулярных исследований Института генетики и цитологии НАН Беларуси разработана система идентификации и ДНК-паспортизации генотипов яблони (Урбанович и др., 2011а). Идентификацию генов устойчивости к парше *Rvi2 (Vh2)*, *Rvi4 (Vh4)*, *Rvi5 (Vm)*, *Rvi6(Vf)*, *Rvi11(Vbj)*, *Rvi15(Vr2)*, *Rvi17(Val)* в геноме яблони проводили в соответствии с методическими рекомендациями с помощью молекулярных маркеров, выявляемых в результате ПЦР (Урбанович и др., 2011б). Гены устойчивости к мучнистой росе яблони в геноме видов, сортов и межвидовых гибридов яблони определяли согласно методике (Урбанович и др., 2011в).

Результаты и обсуждение

Особое значение имеет оценка исходного материала и подбор родительских пар для скрещиваний. С целью выявления наиболее результативных исходных форм проведено тщательное изучение потенциала устойчивости к наиболее экономически значимым болезням: парше и мучнистой росе яблони. При этом учитывали потенциал продуктивности, регулярность плодоношения, степень устойчивости к неблагоприятным зимним условиям. С целью предотвращения генетической эрозии и превентивной селекции в признаковые коллекции включали представителей разных видов. Мониторинг проводили на основе многолетних наблюдений. Особое внимание было уделено мелкоплодным яблоням – sec. *Sorbomalus Zabel* и ser. *Baccatae Rehd.*, так как дикие виды являются важным источником ценных геномов яблони и, в первую очередь, для селекции на устойчивость к наиболее вредоносным патогенам и вредителям, а также для получения скороплодных генотипов. Изучение эколого-адаптивных возможностей межвидовых гибридных форм и выделение лучших из них увеличивает генетическое разнообразие яблони, прежде всего, способствует расширению базы для создания нового поколения сортов в будущем. Подбор устойчивых к болезням сортов и их внедрение в промышленное садоводство – это наиболее безопасный метод защиты плодовых культур и эффективный способ получения продуктов с улучшенными экологическими характеристиками, что будет способствовать снижению антропогенной нагрузки на садовый биоценоз.

В рабочую признаковую коллекцию источников и доноров устойчивости к парше и мучнистой росе включены белорусские гибриды и некоторые зарубежные формы и сорта, происхождение которых связано с дикорастущими видами sec. *Sorbomalus*: *M. sieboldii*, *M. ×zumi*, *M. ×sargentii* и ser. *Baccatae*: *M. baccata*, *M. ×cerasifera*, *M. mandshurica*, *M. mandshurica* subsp. *sachalinensis*, которые обладают высокой полевой устойчивостью в течение многих лет (табл. 1).

Отсутствием поражения паршой и мучнистой росой характеризуются отборные формы: 9/8 *M. mandshurica* subsp. *sachalinensis*, 9/36 *M. mandshurica*, 25/175 F₂ *M. sieboldii*, К-1-1/43 и К-1-5/94 *M. ×sargentii*. Высокой устойчивостью к парше и мучнистой росе характеризуются 'Red silver' и белорусский отбор 2000-41/85 из Gr. *×Prunifolia*.

Таблица 1. Характеристика рабочей признаковой коллекции яблони на устойчивость к болезням

Генотип	Генетическое происхождение	Максимальное повреждение болезнями (0–5)		Масса плода, г
		паршой	мучнистой росой	
1	2	3	4	5
Sectio <i>Sorbomalus</i> Zabel				
25/175	9/27 × Spartan – F ₂ <i>M. sieboldii</i>	0	0	20
99-4/56	19/2 × Чулановка – F ₂ <i>M. sieboldii</i>	0	1	25
2000-46/61	21/175 × Empire – F ₃ <i>M. sieboldii</i>	0	1	65
Н 1255	F ₃ <i>M. ×zumi</i>	0	2	35
2000-46/17	Н 1255 × Empire – F ₄ <i>M. ×zumi</i>	0	2	45
К-1-1/43	<i>M. ×sargentii</i>	0	0	8
К-1-5/94	<i>M. ×sargentii</i> × Ренет Смиренко	0	0	15
Series <i>Baccatae</i> Rehd.				
9/8	<i>M. mandshurica</i> subsp. <i>sachalinensis</i>	0,5	0	8
9/36	<i>M. mandshurica</i> <i>M. baccata</i> × <i>M. haliana</i>	0	0	10
Dolgo	F ₃ <i>M. baccata</i>	2	0	20
К-1-II-9/1	<i>M. baccata</i>	1	1	5
К-1-1/6	<i>M. ×cerasifera</i>	2	1	8
Gr. <i>×Prunifolia</i> (Juz.) Langenf.				
Alamata	hybrid	2	0,5	90
Нора	hybrid	2	0	15
Red silver	hybrid	1	0	16
2000-41/85	(Milena × 85-15/115) о.п. F ₄ <i>M. ×prunifolia</i>	0,5	1	135
Gr. cult. <i>Domesticae</i> Langenf.				
55/76	Чаравница св.оп.	1	1	90
78-14/245	Cola св.оп.	0	0	65
84-39/58	SR0523 св.оп.	0	0,5	135
94-18/37	72-9/160 × Liberty F ₅ <i>M. ×floribunda</i>	0,5	0,5	160
94-23/24	(68-10/60 × Undiene) × Алеся	0,5	0,5	150
97-5/39	Елена × Красное раннее	0,5	0,5	120

окончание таблицы				
1	2	3	4	5
Антоновка	старый народный сорт	2	1	170
Белорусский синап	Антоновка × Пепин литовский	0,5	0,5	145
Веньяминовское	814 св.оп. – F ₄ <i>M.×floribunda</i>	0,5	1	130
Gr. cult. Domesticae Langenf.				
Белорусское сладкое	ВМ41497 × KBM F ₂ F ₆ <i>M.×floribunda</i>	1	1	170
Дарунак	Антей × ВМ41497 F ₆ <i>M.×floribunda</i>	1	0,5	175
Дьямент	Отava о.р.	0,5	11	170
Имант	Антей × Liberty	0,5	1	170
Коробовка крупноплодная	Коробовка св.оп.	0,5	1	110
Красавіта	72-11/47 × Sampion	0,5	1	160
Нававіта	78-15/242 × 86-54/125,135 F ₇ <i>M.×floribunda</i>	1	1	160
Орловское полесье	814 св.оп. F ₄ <i>M.×floribunda</i>	0,5	1	140
Память Сябаровой	Серуэл (Серинка × Wealthy) × Белорусский синап	0,5	1	165
Поспех	72-41/94 × Антей + ВМ41497 F ₆ <i>M.×floribunda</i>	1	0,5	135
Redfree	PR11018-101 – F ₅ <i>M.×floribunda</i>	1	1	165
Сакавіта	78-15/242 × 86-54/125,135 F ₇ <i>M.×floribunda</i>	1	0,5	190
Старт	814 × McIntosh (4x) F ₄ <i>M.×floribunda</i>	0,5	1	140
Тораз	Ванда × Рубин F ₆ <i>M.×floribunda</i>	2	0,5	125
К:1430	ВМ41497 × Сеянец Антоновки	1	0,5	155
Чулановка	старый народный сорт	0	0	90

Отсутствие признаков поражения паршой в эпифитотийные годы и незначительные повреждения милдью в 1 балл наблюдали у гибридов 99-4/56, 2000-46/61 – потомков второго и третьего поколения *M. sieboldii*, а у потомков третьего и четвертого поколений *M.×zumi* – Н1255, 2000-46/17 – максимальное поражение мучнистой росой наблюдалось в 2 балла. В то же время сорта ‘Нора’ и ‘Dolgo’ являются устойчивыми к мучнистой росе, но поражаются паршой на 2 балла, что позволяет их включить в группу толерантных.

В результате молекулярного анализа при использовании известных маркеров выявлено наличие генов устойчивости к мучнистой росе – *Pl1*, *Pl2*, *Pl-w*. Так, маркером ОРАЕ20₄₅₀ идентифицирован ген *Pl1* в сортах ‘Alamata’, ‘Dolgo’, ‘Чулановка’ и отборах К-1-П-9/1 *M. baccata*, К-1/6-1 *M.×cerasifera*. При использовании маркера ЕМ М02 выявлен ген *Pl-w* в гибридах второго поколения *M. sieboldii* – 25/170, 25/175, 25/177, потомках *M.×zumi* – Н1255, 2000-46/17, а также ‘Нора’ и ‘Red silver’. Геномы гибридных форм К-1-1/43 и К-1-5/94 *M.×sargentii* включают все три гена *Pl1*, *Pl2*, *Pl-w* (Урбанович, 2013).

Установлено, что сорта 'Alamata', 'Dolgo' 'Нора', 'Red silver' принадлежат гибриднему виду *M. ×prunifolia* по ряду морфологических признаков и по результату идентификации ПЦР-анализом (Урбанович, 2009). В результате гибридизации отборов мелкоплодных яблонь с крупноплодными сортами мы получили гибриды с плодами, вес которых достигал 45–90 г (табл. 1).

Не выявлен ни один из тестируемых маркеров известных олигогенов устойчивости к парше у резистентных мелкоплодных яблонь, принадлежащих к sec. *Sorbomalus*, ser. *Baccatae* и *Gr. ×Prunifolia*, за исключением сорта 'Dolgo' – *Rvi2* и *Rvi4*. Это указывает на наличие в них иных неизвестных олигогенов или их устойчивость определяется полигенами. Это задача для будущих исследований.

Представленные генотипы sec. *Sorbomalus* отличаются стабильной устойчивостью к парше, что свидетельствует об их большой ценности как источников для превентивной селекции яблони.

Анализ генотипов *Gr. cult. Domesticae* показал высокую полевую устойчивость к парше и мучнистой росе сортов и гибридов, полученных с участием потомков *M. ×floribunda*, *M. ×prunifolia*, *M. orientalis* (Uglitz.) Juz., *M. ×atrosanguinea* и старых местных сортов 'Антоновка', 'Чулановка', 'Боровинка', 'Папировка' и др. (табл. 1).

Технология молекулярных маркеров была применена для идентификации генов устойчивости к парше в сортах данной группы. Выявлены генотипы, включающие по **два гена** устойчивости к парше:

Rvi2 и *Rvi6* – сорта 'Белорусское сладкое', 'Дарунак', 'Имант', 'Поспех', шведские отборы К:1343, К:1430,

Rvi2 и *Rvi17* – сорта 'Белорусский синап', 'Чаравница', 'Красавіта', 'Память Сябаровой', отбор 55/76.

Установлены носители **трех генов**:

Rvi2, *Rvi6* и *Rvi4* – 'Веняминовское', 'Орловское полесье', 'Старт', 'Redfree';

носители генов *Rvi2*, *Rvi6* и *Rvi17* – белорусские сорта 'Нававіта', 'Сакавіта';

Rvi2, *Rvi4* и *Rvi5* – гибриды белорусской селекции 84-39/58, 84-50/9;

Rvi2, *Rvi4* и *Rvi17* – белорусский сорт 'Коробовка крупноплодная'.

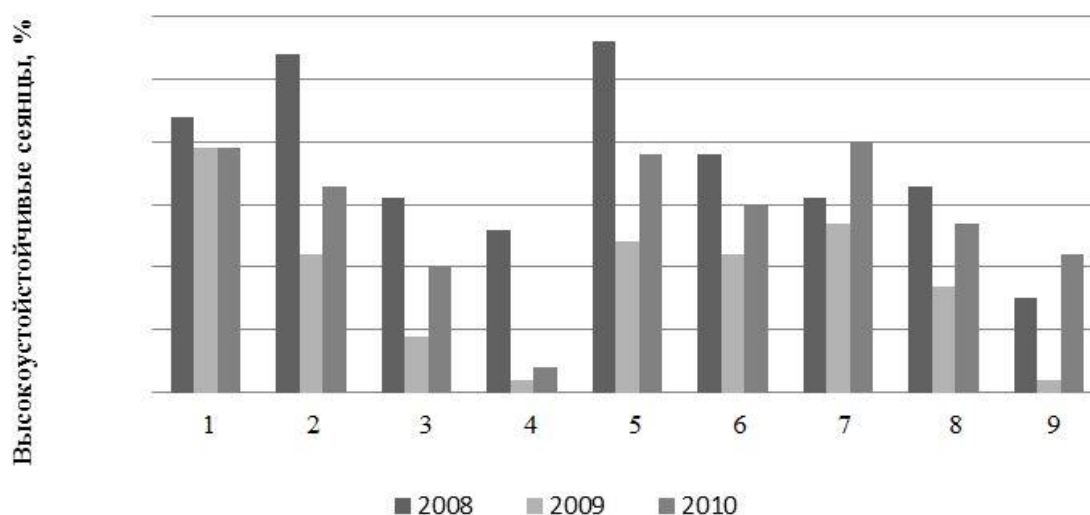
Выявлены генотипы, обладающие **моногеном**:

Rvi6 – 'Дыямент', 'Тораз', которые характеризуются высоким качеством плодов;

Rvi4 – отбор 78-14/245.

Все представленные генотипы характеризуются стабильной полевой устойчивостью к филлостикте и мучнистой росе. Однако генов устойчивости к мучнистой росе среди них не выявлено за исключением сорта 'Чулановка'. Несомненным достоинством сортов белорусской селекции является высокая адаптивность к холодовым стрессам зимнего периода, что подтверждается данными многолетних исследований.

Анализ результативности скрещиваний. Созданный гибридный фонд на основе доноров и источников устойчивости к парше, разных по генетическому происхождению, был исследован на предмет результативности по 9 группам комбинаций скрещиваний. Гибридные популяции *M. domestica* × *M. × zumi*, *M. domestica* × (*M. × prunifolia* × *M. × floribunda*), *M. sieboldii* × *M. domestica*, *M. domestica* × *M. domestica*, *M. coronaria* × *M. domestica*, *M. domestica* × (*M. × floribunda* × *M. × atrosanguinea*), *M. × zumi* × *M. domestica*, *M. domestica* × *M. × floribunda*, *M. × atrosanguinea* × *M. domestica* изначально на первом году жизни подвергались тесту на искусственном инфекционном фоне возбудителя *Venturia inaequalis*, впоследствии ежегодно оценивали поражение паршой в полевых условиях. В последнее 10-летие наблюдается эпифитотийное развитие парши практически ежегодно. Особо жесткий естественный фон развития парши отмечен в 2009 году, когда в июне выпало осадков 226% от нормы (23 дня с осадками), в июле – 151% от нормы (17 дней с осадками). В таких условиях усилилось поражение ранее иммунных сортов яблони – носителей гена *Rvi6*, зафиксировано появление новых вирулентных рас парши. Оценка гибридного фонда плодоносящих растений в течение 2008–2010 годов показала разный выход высокоустойчивых гибридов в зависимости от генетического происхождения, а также по годам. Стабильной устойчивостью на этом фоне выделяются гибридные популяции, полученные от скрещиваний толерантных крупноплодных сортов яблони домашней с потомками *M. × zumi*, а также *M. domestica* × (*M. × prunifolia* × *M. × floribunda*), *M. coronaria* × *M. domestica*. В 2009 году резко снизилась степень устойчивости гибридов, полученных от межсортовых скрещиваний яблони домашней и отборов *M. × atrosanguinea* × *M. domestica* (рисунок).



Выход высокоустойчивых к парше гибридов в зависимости от генетического происхождения

Гибридные популяции: 1 – *M. domestica* × *M. × zumi*, 2 – *M. domestica* × (*M. × prunifolia* × *M. × floribunda*), 3 – *M. sieboldii* × *M. domestica*, 4 – *M. domestica* × *M. domestica*, 5 – *M. coronaria* × *M. domestica*, 6 – *M. domestica* × (*M. × floribunda* × *M. × atrosanguinea*), 7 – *M. × zumi* × *M. domestica*, 8 – *M. domestica* × *M. × floribunda*, 9 – *M. × atrosanguinea* × *M. domestica*

Из данного фонда выделены межвидовые гибриды третьего поколения *M. sieboldii*: 95-17/34, 95-17/35, 95-17/37 (25/71 *M. sieboldii* × ‘Вербнае’), 95-18/2 и 95-19/6 (25/177 *M. sieboldii* × ‘Вербнае’), 95-22/42 (*M. sieboldii* × 1924), 97-4/56, 97-4/60, 97-4/53 (25/184 *M. sieboldii* × ‘Чулановка’), 2000-46/17 – *M. ×zumi*. Наряду с устойчивостью к болезням, они обладают зимостойкостью, сдержанным ростом, коротким ювенильным периодом и ежегодным обильным плодоношением, что особо важно для создания нового исходного материала, обладающего прочным иммунитетом к болезням, главным образом, к парше и пятнистостям грибной природы.

Наибольшую результативность использования в гибридизации яблони крупноплодных источников и доноров – носителей гена *Rvi6* – потомков *M. ×floribunda*, показали белорусские потомки шведского отбора VM41497 (табл. 2). Более двух десятков лет он успешно используется в гибридизации как источник скороплодности и олигогенной устойчивости к парше (Kazlouskaya et al., 2013). С его участием получены сорта ‘Белорусское сладкое’, ‘Дарунак’, ‘Надзейны’, ‘Поспех’ и новые – ‘Сакавіта’, ‘Нававіта’, скороплодность которых подтверждена результатами исследований в садах РУП «Институт плодоводства». Хороший результат получен и при использовании сортов ‘Либерти’ и ‘Отава’, с участием которых созданы сорта ‘Зорка’ и ‘Дыямент’ (табл. 2).

Таблица 2. Результаты использования в гибридизации яблони источников устойчивости к парше с геном *Rvi6* за 1994–2000 гг.

Генотип	Количество скрещиваний	Количество изучаемых отборов в саду	Количество перспективных отборов	Количество сортов
F₁VM41497	18	641	40	3
Freedom	1	43	1	0
Jonafree	2	79	2	0
Импус	1	12	1	0
Liberty	6	260	13	1
Otava	3	26	7	1
Prima	2	83	4	0
Priscilla	1	7	1	0
Relinda	1	4	1	0
Reglindis	1	3	1	0
Remo	1	20	1	0
Redkroft	3	28	5	0
Sawa*	3	30	5	0
Всего	43	1236	82	5

Использование других сортов-носителей гена *Rvi6* не привело к ожидаемому успеху и, прежде всего, из-за отсутствия перспективных отборов, сочетающих высокую устойчивость к болезням, высокую зимостойкость и

качество плодов. Хотя высокая устойчивость к парше (на уровне реакции сверхчувствительности) прослеживалась у подавляющего большинства выделенных отборов. Так, в результате исследований для селекции новых сортов яблони выделен ряд гибридов – источников высокой скороплодности и продуктивности, которые подтвердили высокую устойчивость к парше на протяжении всего периода изучения: 94-23/24, 95-26/1, 95-23/43, 95-23/44, 96-32/11.

В последние пять лет переданы на государственное испытание Республики Беларусь сорта позднего срока созревания ‘Белана’, ‘Дыямент’, ‘Зорка’, ‘Красавіта’, ‘Нававіта’, ‘Сакавіта’, отличающиеся высококачественными плодами, высокой урожайностью, устойчивостью к болезням, продолжительным сроком хранения. Характеристика данных сортов приведена в таблице 3. Особо привлекательным внешним видом характеризуются ‘Дыямент’, ‘Белана’, ‘Зорка’ и ‘Красавіта’, а наивысшей дегустационной оценкой плодов – ‘Дыямент’ и ‘Зорка’.

Таблица 3. Характеристика новых сортов яблони

Сорт	Внешний вид, балл	Вкус, балл	Масса, г	*Индекс формы	Окраска основная/покровная	Продолжительность хранения, дни
Сакавіта	4,5	4,4	190	0,82	зелено-желтая/коричнево-красная	180
Нававіта	4,5	4,4	160	0,76	Светло-зеленая/пурпурно-красная	150
Красавіта	4,7	4,6	160	0,82	желтая/розово-красная	170
Белана	4,7	4,5	180	0,77	желтая/красная	180
Дыямент	4,9	4,8	170	0,75	желтая/розово-красная	130
Зорка	4,7	4,8	175	0,92	зеленая/пурпурно-красная	150

* Индекс формы: 0,90 => – овално-коническая; 0,80-0,89 – округлая; 0,80 < плоская, плоско-округлая

Заключение

Мировой опыт и достижения селекции в настоящее время позволяют создавать сорта, обладающие комплексом хозяйственно ценных признаков. Объединение в одном генотипе нескольких генов позволяет получать новые гибридные формы с комплексом хозяйственно-ценных свойств. Развитие данного направления стало возможным благодаря появлению молекулярных маркеров идентификации генов, позволяющих достаточно быстро и надежно отбирать генотипы с заданными признаками.

На основе национальной коллекции яблони, включающей 1273 сортообразца, сформирована новая рабочая признаковая коллекция источников и доноров устойчивости к грибным болезням. С помощью молекулярных маркеров выявлены крупноплодные доноры – носители 2–3 олигогенов устойчивости к парше в одном геноме, мелкоплодные доноры – носители 1–3 олигогенов устойчивости к мучнистой росе.

Создан генетически разнообразный исходный материал с привлечением потомков диких видов яблони из sec. *Sorbomalus*, ser. *Baccatae* и Gr. ×*Prunifolia*, являющихся источниками доноров иммунитета к парше и мучнистой росе, а также новые сорта, высокоустойчивые к парше, позднего срока созревания: ‘Белана’, ‘Дыямент’, ‘Зорка’, ‘Красавіта’, ‘Нававіта’, ‘Сакавіта’, которые отличаются высококачественными плодами, высокой урожайностью, устойчивостью к болезням, продолжительным сроком хранения. Это подтверждает избранную стратегию работы по сбору и использованию генетических ресурсов яблони в Беларуси.

Литература

- Вавилов Н. И. Иммуитет растений к инфекционным заболеваниям. М., 1986. 520 с.
- Козловская З. А. Совершенствование сортимента яблони в Беларуси. Минск, 2003. 168 с.
- Козловская З. А. Селекция яблони для интенсивных садов Беларуси. Lambert Academic Publishing. 2011. 390 с.
- Лангенфельд В. Г. Яблоня: Морфологическая эволюция, филогения, география, систематика. Рига, 1991. 234 с.
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. 608 с.
- Урбанович О. Ю. Молекулярные методы идентификации и генотипирования яблони и груши. Минск, 2013. 209 с.
- Урбанович О. Ю., Козловская З. А., Картель Н. А. Методические рекомендации по идентификации и паспортизации сортов яблони и груши на основе ДНК-маркеров. Минск, 2011а. 31 с.
- Урбанович О. Ю., Козловская З. А., Картель Н. А. Методические рекомендации по идентификации на основе ДНК-маркеров генов устойчивости к парше яблони. Минск, 2011б. 32 с.
- Урбанович О. Ю., Козловская З. А., Картель Н. А. Методические рекомендации по идентификации на основе ДНК-маркеров генов устойчивости к мучнистой росе яблони. Минск, 2011в. 27 с.
- Kazlouskaya Z., Hashenka T. et al. Breeding of new apple cultivars in Belarus // Proceedings of The Latvian Academy of sciences: Sections B: Natural, exact and applied sciences. 2013. V. 67. № 2. P. 94–100.
- Urbanovich O. Y., Kazlouskaya Z. A. Identification of apple tree cultivars growing in Belarus using SSR-markers // Acta Hort. (ISHS). 2009. V. 839. P. 79–486.

СОРТА КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ

Л. И. Костина, О. С. Косарева

Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства
им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: o.kosareva@vir.nw.ru

Резюме

В статье приведены результаты изучения коллекции картофеля ВИР. В результате изучения селекционных сортов картофеля лучшие из них рекомендуются в качестве исходного материала для селекции на основные хозяйственно-ценные признаки: продуктивность, содержание крахмала, устойчивость к фитофторозу – *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, патотипу Ro1 золотистой картофельной нематоды – *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr. В статье приведены сорта, сочетающие устойчивость к золотистой картофельной нематоды с другими ценными признаками. Выделенные генотипы рекомендуются для использования в селекционных программах.

Ключевые слова: картофель, сорт, источник, признак, селекция.

POTATO VARIETIES PROMISING FOR BREEDING TARGETED AT COMMERCIAL TRAITS

L. I. Kostina & O. S. Kosareva

N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry,
St. Petersburg, Russia, e-mail: o.kosareva@vir.nw.ru

Summary

The article presents the results of studying VIR's potato collection. Following such study, the best cultivars of potato are recommended as source material for breeding programs targeted at basic commercial traits, such as high yield, starch content, resistance to late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) and Ro1 pathotype of golden potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr.). Described here are the cultivars combining resistance to gold potato cyst nematode with other valuable commercial traits. The identified genotypes are recommended to be included in potato breeding programs.

Keywords: potato, variety, source, trait, breeding.

Введение

Сокращение посевных площадей под картофелем при одновременной интенсификации отрасли приводит к необходимости выведения новых высокопродуктивных сортов, устойчивых к болезням и вредителям. Для решения этой проблемы необходимо выделение новых источников ценных признаков для важнейших направлений селекции картофеля. Перед селекцией стоит задача по улучшению селекционной работы и ускорению селекционного

процесса. В отделе генетических ресурсов Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР) разработана новая технология по оценке исходного материала для ускорения селекционного процесса и повышения его результативности (Костина, Королева, 1999). Рекомендуется использовать для селекции исходный материал с донорскими свойствами, выделенный на основе многоступенчатого скрининга. Данная технология апробирована в диссертационных работах Л. В. Королевой (2000), Д. А. Бычкова (2005), О. С. Косаревой (2012). Селекционер Е. П. Шанина (2012) справедливо отмечает, что результативность прямого использования в селекции образцов, выделенных по данным полевой и лабораторной оценки, не превышает 5%. Она поддерживает необходимость дополнительно проводить анализ выделенных образцов по их родословным, по потомству от самоопыления и результатам скрещивания.

Материал и методы

Оценка селекционных сортов картофеля проводилась в Пушкинских лабораториях ВИР по Методическим указаниям отдела генетических ресурсов картофеля (2010) и Международному классификатору СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. (1984).

Выделенные в полевых условиях сорта были оценены по разработанной нами технологии (Костина и др., 2010). Выделение исходного материала проводилось на основе многоступенчатого скрининга в четыре этапа. Первый этап – выделение образцов с ценными признаками по результатам полевой и лабораторной оценки. Второй этап – выявление потенциальных возможностей образцов, выделенных на первом этапе. Для этого проводился анализ выделенных образцов по их родословным с учетом всех сортов и гибридов, использованных при их выведении, по хозяйственно-ценным и отрицательным признакам. Третий этап – анализ выделенных образцов по потомству от самоопыления. Четвертый этап – проверка выделенных образцов по результатам скрещивания.

Оценка нематодоустойчивых сортов картофеля проведена по потомству от самоопыления на инфекционном фоне в теплицах Всероссийского института защиты растений согласно «Положению о порядке испытания гибридов картофеля на устойчивость к золотистой картофельной цистообразующей нематодe» (Понин, Гладкая, 1985).

Результаты исследований

Исходный материал для селекции на продуктивность

Выделены сорта с высокой продуктивностью (превышающие стандарты сорта ‘Невский’ и ‘Петербургский’): из Германии – ‘Alwara’, ‘Arkula’, ‘Margit’, ‘Vellox’; из Польши – ‘Ania’, ‘Baszta’, ‘Bobr’, ‘Bzura’, ‘Koga’, ‘Triada’, ‘Tristar’; из Нидерландов – ‘Agata’, ‘Concorde’, ‘Latona’, ‘Van Gogh’; из России –

‘Аврора’, ‘Акросия’, ‘Алена’, ‘Малиновка’, ‘Наяда’, ‘Русский Сувенир’, ‘Рябинушка’, ‘Холмогорский’; из Беларуси – ‘Вихола’, ‘Журавинка’, ‘Здабыток’, ‘Милавица’, ‘Талисман’ и другие; из Украины – ‘Зарево’, ‘Ласунак’. Из новых поступлений в коллекцию за 2010–2012 гг. выделены сорта: ‘Болвинский’, ‘Вектар’, ‘Зорачка’, ‘Калинка’, ‘Щедрик’ и другие.

Выделенные ранее высокопродуктивные сорта были оценены по потомству от самоопыления. По высокому числу продуктивных семян в потомстве выделены сорта: ‘Alcmaria’ (76% высокопродуктивных семян), ‘Arkula’ (58%), ‘Desiree’ (55%), ‘Granola’ (53%), ‘Grata’ (45%), ‘Ora’ (50%), ‘Provita’ (52%), ‘Quarta’ (54%), ‘Ласунак’ (71%) и ‘Невский’ (62%).

Хорошими источниками на продуктивность являются выделенные ранее из коллекции сорта картофеля. С сортом ‘Alcmaria’ выведены продуктивные сорта – ‘Accent’ (‘Alcmaria’ × SVP AM 66-42), ‘Adora’ (‘Primura’ × ‘Alcmaria’). С сортом ‘Desiree’ уже выведена целая серия высокопродуктивных сортов (около 40): ‘Alwara’ (290/76 × ‘Desiree’), ‘Ambo’ (‘Desiree’ × ‘Cara’), ‘Barna’ (‘Desiree’ × ‘Cara’), ‘Cleopatra’ (ZPC 50-35 × ‘Desiree’), ‘Cultra’ (‘Desiree’ × ‘Cara’), ‘Gracia’ (‘Ropta H 741’ × ‘Desiree’), ‘Romano’ (‘Draga’ × ‘Desiree’), ‘Salinka’ (‘Goldsegen’ × ‘Desiree’), ‘Saxon’ (‘Kingston’ × ‘Desiree’) и другие. С сортом ‘Grata’ выведены высокопродуктивные сорта: ‘Lotos’ (‘Grata’ × PK 1113) и ‘Domina’ (‘Grata’ × BLSA 6397/8). С сортом ‘Ora’ (‘Mira’) уже выведены высокопродуктивные сорта: ‘Antares’ [(‘Capella’ × BRA 9098) × ‘Flava’] × ‘Ora’], ‘Axilia’ (‘Saskia’ × ‘Ora’), ‘Galina’ [(‘Apta’ × ‘Schwalbe’) × (‘Ora’ × MPI 44.335/130)], ‘Sitta’ (‘Schwalbe’ × ‘Ora’), ‘Turbella’ (‘Apta’ × MPI 44.335/130) × [(‘Ora’ × (54.3/14/74 × ‘Vera’))] × ‘Schwalbe’, ‘Комсомолец 20’ [(‘Зазерский’ × смесь пыльцы) × (‘Mira’ × C/42)], ‘Павлинка’ [(6461 C46 × ‘Камераз’) × ‘Mira’], ‘Старт’ (‘Олев’ × ‘Mira’), ‘Темп’ (‘Олев’ × ‘Mira’) и другие.

Исходный материал для селекции на устойчивость к фитофторозу

Одним из приоритетных направлений в селекции картофеля является выведение сортов, устойчивых к фитофторозу. Вредоносность этого заболевания возрастает с появлением нового типа совместимости A2, в этом случае у паразита кроме вегетативного наблюдается половое размножение. По данным Всероссийского НИИ защиты растений, в Ленинградской области за 10 лет (1995–2005 гг.) эпифитотии фитофтороза повторялись почти через год. Наиболее эпифитотийными были 1996, 1998, 2003 и 2004 годы. В эпифитотийные годы популяция рас фитофтороза была представлена всеми генами вирулентности от R_1 до R_{11} за исключением R_9 (Патрикеева, Чингаева, 2005).

Проведена оценка в полевых условиях Пушкинских лабораторий ВИР (г. Пушкин) на устойчивость к фитофторозу. Выделены сорта картофеля, слабо поражаемые фитофторозом по листьям (7–8 баллов): из Польши – ‘Ania’, ‘Baszta’, ‘Dunajec’, ‘Клепа’, ‘Koga’, ‘Medusa’, ‘Omulev’, ‘Triada’; из России – ‘Аврора’, ‘Аспия’, ‘Вдохновение’, ‘Вестник’, ‘Вихола’, ‘Журавинка’,

‘Лукияновский’, ‘Наяда’, ‘Никулинский’, ‘Удача’, ‘Россиянка’, ‘Ручеек’, ‘Скарб’; из Беларуси – ‘Здабыток’, ‘Ласунок’, ‘Сузорье’; из Украины – ‘Зарево’, ‘Луговской’, ‘Лыбидь’, ‘Свитанок киевский’. Некоторые сорта оценены по потомству от самоопыления. Высокий процент сеянцев, устойчивых к фитофторозу в потомстве от самоопыления, был у сортов: ‘Астра’ (82%), ‘Bobr’ (42%), ‘Clarissa’ (82%), ‘Аврора’ (62%), ‘Вихола’ (62%), ‘Журавинка’ (56%), ‘Наяда’ (67%), ‘Росинка’ (67%), ‘Скарб’ (77%).

Исходный материал для селекции на устойчивость к золотистой картофельной нематодe

Золотистая картофельная нематода – *Globodera rostochiensis* (Wool.) Behr. – паразит, наносящий большой ущерб картофелеводству во многих странах мира, в том числе и Российской Федерации. По вредоносности, а также трудности и сложности мер борьбы с картофельной нематодой, она является одним из самых опасных вредителей. При средней степени заражения почвы урожай у поздних сортов картофеля снижается на 16%, у ранних – до 84%. Одним из наиболее эффективных методов борьбы с картофельной нематодой является возделывание нематодоустойчивых сортов картофеля. Этот метод позволяет получать не только хорошие урожаи, но и очищать почву от живых цист вредителя. Мировой сортимент уже насчитывает около 1000 сортов картофеля, устойчивых к данному вредителю.

Проблема выведения нематодоустойчивых сортов картофеля в России стоит очень остро и является одной из приоритетных в отечественной селекции. В Государственный реестр России 2014 года для возделывания включено 195 нематодоустойчивых сортов, 44 из которых отечественные, что составляет 23% от общего числа нематодоустойчивых сортов.

В Россию завезен один патотип золотистой картофельной нематоды Ro1, вероятность завоза других патотипов очень высока. Наличие различных патотипов *G. rostochiensis* (Ro1, Ro2, Ro3, Ro4, Ro5) и *G. pallida* Stone (Pa1, Pa2, Pa3) делает необходимым вовлечения в селекцию всего разнообразия исходных устойчивых форм. Большинство сортов устойчивы к патотипу Ro1. Выведены сорта, устойчивые к нескольким патотипам: Ro1,2,3 – ‘Allure’, ‘Amalfy’, ‘Belita’, ‘Cordia’, ‘Liseta’, ‘Elkana’; Ro1,3,5 – ‘Roeslau’; Ro1,4,5 – ‘Esta’; Ro1,5 – ‘Wega’; Ro1,2,3,5 – ‘Fox’, ‘Hilta’, ‘Ute’; Ro1–5 – ‘Aiko’, ‘Franzi’, ‘Miranda’, ‘Ponto’; Ro1,2,4,5 – ‘Turbo’ и другие.

Особый интерес представляют сорта, устойчивые к двум видам нематоды *G. rostochiensis* и *G. pallida*: Ro1, Pa2 – ‘Maritiema’, ‘Ramos’; Ro1, Pa3 – ‘Drop’; Ro1, Pa1,3 – ‘Vantage’; Ro1,5, Pa2 – ‘Heidrun’; Ro1,2,5, Pa2 – ‘Benol’; Ro1,3,4, Pa2 – ‘Danva’; Ro1–3, Pa2 – ‘Karida’, ‘Karnico’, ‘Pansta’; Ro1–3, Pa2,3 – ‘Kantara’; Ro1–4, Pa2 – ‘Atrela’, ‘Elles’, ‘Producent’, ‘Promesse’, ‘Sante’; Ro1–3,5, Pa2 – ‘Tanja’; Ro1–5, Pa2 – ‘Darwina’, ‘Proton’.

Анализ генеалогии нематодоустойчивых сортов картофеля показал, что при их выведении широко использованы виды *Solanum andigenum* Juz. et Buk. и

S. vernei Bitt. Et Wittm ex Engl.), в меньшей степени использован вид *S. spegazzini* Bitt. Поиск нового исходного материала на устойчивость к картофельной нематодe должен проводиться в потомствах этих видов, созданных на их основе межвидовых гибридах и устойчивых к нематодe сортах.

В результате изучения коллекции выделены сорта, сочетающие устойчивость к нематодe с другими хозяйственно-ценными признаками (Косарева, 2012). Сорта, сочетающие устойчивость к нематодe с продуктивностью и низкой степенью поражения болезнями: 'Ania', 'Bobr', 'Dorisa', 'Frila', 'Moli', 'Mors', 'Sante', 'Tewadi', 'Аврора', 'Лукияновский', 'Наяда'; низкой степенью поражения болезнями и высоким содержанием крахмала: 'Albatros', 'Dunajec', 'Harpun' и 'Сузорье'.

Для повышения результативности скрещиваний целесообразно использовать сорта, оцененные по потомству от самоопыления и результатам скрещивания. По данным К. З. Будина (1997), если в потомстве от самоопыления 50% семян устойчивы к болезням или вредителям, то сорт обладает донорскими свойствами. По результатам оценки установлено: сорт 'Alcmaria' имеет в потомстве 88% семян, устойчивых к картофельной нематодe, 'Bobr' – 67%, 'Gitte' – 70%, 'Granola' – 71%, 'Margit' – 50%, 'Omega' – 45%, 'Provita' – 68%, 'Quarta' – 61%, 'Sagitta' – 61%, 'Thomana' – 78%, 'Van Gogh' – 64%, 'Вихола' – 57%, 'Журавинка' – 25%, 'Росинка' – 63%, 'Скарб' – 44%, межвидовой гибрид SVP(VT)ⁿ 62-33-3 – 100%.

В селекции на устойчивость к картофельной нематодe сегодня широко используются ранее выделенные нами из коллекции сорта. Например, с сортом 'Alcmaria' выведены нематодоустойчивые сорта: 'Accent' ('Alcmaria' × SVP AM 66-42), 'Adora' ('Primura' × 'Alcmaria'), 'Berber' ('Alcmaria' × 'Ropta P 365'), 'Crebella' ('Alcmaria' × SVP AM 66-42), 'Natalie' (747/69/2042 L × 'Alcmaria'), 'Ovatio' ('Renova' × 'Alcmaria'), 'Revelino' ('Alcmaria' × 'Cebeco 56-142-17'), 'Riviera' ('Minerva' × 'Alcmaria'), 'Scala' ('Alcmaria' × 'Prima'), 'Semena' ('Alcmaria' × 'Prima'). С сортом 'Granola' созданы нематодоустойчивые сорта: 'Albina' (Z-76.2/5 × 'Granola'), 'Arnika' ('Granola' × 'Hybrid'), 'Baszta' (PW 31 × 'Granola'), 'Pamir' ('Berolina' × 'Granola'), 'Sandra' (537.01 × 'Granola'), 'Аспиа' ('Kardia' × 'Granola'), 'Легенда' ('Сулев' × 'Granola'), 'Марс' ('Kardia' × 'Granola') и другие. С сортом 'Omega' получены сорта: 'Cinja' ('Berolina' × 'Omega'), 'Koral' (3-65.507/53 × 'Omega'), 'Piret' (J 1073-82 × 'Omega'), 'Sanetta' ('Sola' × 'Omega'), 'Пролисок' (77589 × 'Omega'), 'Росинка' (28-1 × 'Omega'). С сортом 'Provita' выведены сорта: 'Amazona' ('Civa' × 'Provita'), 'Anosta' ('Ostara' × 'Provita'), 'Barycz' (PS 1537 × 'Provita'), 'Carlita' ('Jaerla' × 'Provita'), 'Fambo' ('Ostara' × 'Provita'), 'Fresco' (Сеянец 6015-28 × 'Provita'), 'Junior' ('Civa' × 'Provita'), 'Klara' [('Apta' × 'Hera') × 'Provita'], 'Kristalla' ('Provita' × 'Gitte'), 'Marco' ('Saturna' ×

‘Provita’), ‘Podzola’ (‘Nascor’ × ‘Provita’), ‘Premiere’ (‘Civa’ × ‘Provita’), ‘Prior’ (‘Primura’ × ‘Provita’).

Исходный материал для селекции на повышенное содержание крахмала

В последние годы в России открылись новые производства по переработке картофеля на чипсы, сухое картофельное пюре, крупку и другие продукты. В настоящее время сортов с высоким содержанием крахмала для промышленной переработки выводится мало, однако эти сорта определяют рентабельность перерабатывающих отраслей. Для создания новых сортов картофеля с повышенным содержанием крахмала необходим новый исходный материал.

Первые сорта картофеля с высоким содержанием крахмала были созданы в Германии: ‘Bodenkraft’, ‘Erdkraft’, ‘Hochprozentige’, ‘Wohltmann’ и другие. Первые российские сорта с высоким содержанием крахмала были выведены на Корневской картофельной селекционной станции (ныне Всероссийский НИИ картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха): ‘Корневский’ (17,1–23,7%), ‘Лорх’ (15,0–20,0%), ‘Советский’ (17,1–24,9%) и другие. Наибольшие успехи в создании сортов с высоким содержанием крахмала были достигнуты в Институте картофелеводства НАН Республики Беларусь. Сорта ‘Бекра’, ‘Белорусский крахмалистый’, ‘Березка’, ‘Кандидат’, ‘Львовянка’, ‘Огонек’, ‘Павлинка’ имеют содержание крахмала от 21 до 27%: (Букасов, Камераз, 1972).

Оценка коллекции селекционных сортов картофеля выполнена в Пушкинских лабораториях ВИР в 2005–2013 гг. Оценка сортов для выявления их потенциальных возможностей была дополнительно проведена на Екатерининской опытной станции ВИР в Тамбовской области, где условия благоприятны для накопления крахмала. По результатам оценки выделены сорта с высоким содержанием крахмала (18,5–27,0%): из Германии – ‘Albatros’, ‘Asaja’, ‘Indira’; из Нидерландов – ‘Agria’, ‘Karida’, ‘Promesse’, ‘Vebeca’; из Польши – ‘Ceza’; из Беларуси – ‘Альпинист’, ‘Вербя’, ‘Ветразь’, ‘Выток’, ‘Гарант’, ‘Здабытак’, ‘Зубрунок’, ‘Лазурит’, ‘Ласунак’, ‘Маг’, ‘Максимум’, ‘Милавица’, ‘Сузорье’, ‘Яхант’; из России – ‘Бармалей’, ‘Белоснежка’, ‘Голубизна’, ‘Лазарь’, ‘Накра’, ‘Стрелец’; из Украины – ‘Билина’, ‘Дзвин’, ‘Зарево’, ‘Лыбидь’, ‘Мавка’, ‘Свитанок киевский’; из Казахстана – ‘Карасайский’, ‘Тениз’.

В Пушкинских лабораториях ВИР и Екатерининской опытной станции ВИР проведена сравнительная оценка сортов по содержанию крахмала. У большинства сортов этот показатель в условиях Екатерининской опытной станции был выше: ‘Дзвин’ – 20,6% в Пушкине и 21,3% – на Екатерининской опытной станции, ‘Галичанка’ – 13,4–17,5% и 19,2% соответственно, ‘Елена’ – 12,7–17,5% и 19,8%, ‘Хозяюшка’ – 14,9–17,7% и 20,9%, ‘Червона Рута’ – 15,4–17,5% и 19,8%, ‘Черниговский’ – 18,5–20,6% и 21,0%.

Представляют интерес сорта, сочетающие высокое содержание крахмала с комплексом других хозяйственно-ценных признаков. Выделены сорта,

сочетающие высокую крахмалистость с высокой продуктивностью, горизонтальной устойчивостью к вирусным болезням и фитофторозу – ‘Asaja’, ‘Ceza’.

Некоторые выделенные сорта картофеля были оценены по разработанной нами технологии, которая позволяет ускорить селекционный процесс и повысить тем самым его результативность (по многоступенчатому скринингу). По этой технологии выделены сорта с повышенным содержанием крахмала, которые рекомендуются в селекции в качестве исходного материала по этому признаку. Сорт ‘Agria’ (Германия) – среднеранний; устойчив к картофельной нематоды (Ro1), содержание крахмала до 20,2%. При его создании использован сорт с высоким содержанием крахмала ‘Semlo’ и сорт ‘Stamm’, при выведении которого использованы виды *S. andigenum* и *S. demissum* Lindl. С использованием сорта ‘Agria’ уже выведены сорта с повышенным содержанием крахмала: ‘Arcade’ (‘Agria’ × VK 69491), ‘Fontane’ (‘Agria’ × AR 76-034-03), ‘Lady Claire’ (‘Agria’ × KW 78-34-470), ‘Lady Olympia’ (‘Agria’ × KW 78-34-470), ‘Markies’ (‘Fianna’ × ‘Agria’), ‘Morena’ (1325/77/26200 × ‘Agria’), ‘Ramos’ (‘Agria’ × VK 69-491) и другие.

Сорт ‘Assia’ (Германия). Среднеспелый. Устойчив к картофельной нематоды (Ro1). Высокопродуктивный. Содержание крахмала – 18,0–21,5%. При его создании использованы виды *S. andigenum*, *S. demissum* и другие. С использованием этого сорта выведен сорт с повышенным содержанием крахмала ‘Vladan’ (‘Assia’ × ‘Ausonia’).

Сорт ‘Ceza’ (Польша). Позднеспелый. Высокопродуктивный. Содержание крахмала – 20,8–24,5%. При выведении этого сорта использован сорт с высоким содержанием крахмала ‘Marijke’ и другие межвидовые гибриды. В потомстве сорта ‘Ceza’ до 90% сеянцев обладают высоким содержанием крахмала. С использованием этого сорта выведен сорт ‘Журавинка’ (‘Sante’ × ‘Ceza’), обладающий высоким содержанием крахмала.

Сорт ‘Indira’ (Германия). Позднеспелый. Высокопродуктивный. Устойчив к картофельной нематоды (Ro1). Содержание крахмала – 18,0–22,0%. При выведении этого сорта использованы виды *S. andigenum* и *S. demissum*. С его участием выведен сорт ‘Merkur’ (‘Indira’ × ‘Ausonia’), также обладающий высоким содержанием крахмала.

Сорт ‘Альпинист’ (Беларусь). Позднеспелый. Высокопродуктивный. Устойчив к картофельной нематоды (Ro1). Содержание крахмала – 19,5–22,0%. При его создании использованы межвидовые гибриды с высоким содержанием крахмала. В потомстве этого сорта 25% сеянцев обладают высоким содержанием крахмала.

Сорт ‘Выток’ (Беларусь). Позднеспелый. Высокопродуктивный. Содержание крахмала – 18,0–24,3%. При выведении этого сорта использованы сорта ‘Ласунак’ и ‘Комсомолец 20’ с высоким содержанием крахмала. В потомстве сорта ‘Выток’ 70% сеянцев обладают высоким содержанием крахмала.

Сорт ‘Зарево’ (Украина). Среднепоздний. Высокопродуктивный. Содержание крахмала – 18,8–24,9%. При выведении этого сорта использован высококрахмалистый сорт ‘Бекра’ и межвидовой гибрид (*S. andigenum* × *S. demissum*). В потомстве этого сорта 60% сеянцев обладают высоким содержанием крахмала. С его использованием выведены сорта с высоким содержанием крахмала: ‘Антонина’ (‘Elvira’ × ‘Зарево’), ‘Брянский красный’ (‘Ресурс’ × ‘Зарево’), ‘Милавица’ (‘Свитезянка’ × ‘Зарево’), ‘Накра’ (956-79 × ‘Зарево’), ‘Предгорный’ (‘Резерв’ × ‘Зарево’).

Сорт ‘Милавица’ (Беларусь). Среднеспелый. Высокопродуктивный. Устойчив к картофельной нематодe (Ro1). Содержание крахмала до 23,3%. При выведении этого сорта использованы сорта с высоким содержанием крахмала. С его использованием выведен сорт ‘Зарница’ (‘Quinta’ × ‘Милавица’).

Анализ родословных сортов картофеля дает возможность разработать стратегию поиска исходного материала для селекции картофеля на повышенное содержание крахмала. Большое число сортов с высоким содержанием крахмала в потомстве немецкого сорта ‘Erste von Fromsdorf’. Этот сорт расположен в пятом цикле скрещиваний старого сорта ‘Erste von Nassengrund’ (Костина, 1992). Наличие большого числа высококрахмалистых сортов в потомстве этого сорта объясняется тем, что он выведен с использованием перуанского сеянца вида *S. andigenum*. В потомстве сорта ‘Hochprozentige’ выведены сорта с высоким содержанием крахмала: ‘Erdkraft’, ‘Fabricia’, ‘Fecula’, ‘Odra’. С сортом ‘Erdkraft’ также выведены сорта с высоким содержанием крахмала: ‘Rode Star’, ‘Вилия’, ‘Казанский’, ‘Червоноспиртовый’. Высококрахмалистое потомство также у сорта ‘Rode Star’ (‘Furore’, ‘Ultimus’ и другие).

Первые отечественные сорта картофеля с повышенным содержанием крахмала ‘Корневский’ (‘Switez’ × ‘Смысловский’) и ‘Лорх’ (‘Switez’ × ‘Смысловский’) выведены с использованием сорта ‘Switez’, который имеет в своей родословной перуанский сеянец вида *S. andigenum*.

Анализ генеалогии сортов картофеля с повышенным содержанием крахмала показал, что поиск нового исходного материала для селекции надо вести в потомствах старого немецкого сорта ‘Erste von Fromsdorf’ и видов *S. andigenum* и *S. demissum*. Сорта картофеля, оцененные по технологии многоступенчатого скрининга, рекомендуются в качестве исходного материала для селекции сортов с повышенным содержанием крахмала.

Заключение

В результате оценки коллекции селекционных сортов картофеля на основные хозяйственно-ценные признаки выделен исходный материал для селекции. По результатам изучения новых поступлений в коллекцию выделен исходный материал для селекции на продуктивность, устойчивость к фитофторозу и золотистой картофельной нематодe – *Globodera rostochiensis*. По результатам углубленного изучения (многоступенчатый скрининг) выделен

исходный материал на основе анализа родословных, результатов анализа по потомству от самоопыления и результатов скрещивания.

Литература

- Будин К. З. Генетические основы создания доноров картофеля. СПб., 1997. 39 с.
- Букасов С. М., Будин К. З. и др. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Л., 1984. 43 с.
- Букасов С. М., Камераз А. Я. Селекция и семеноводство картофеля Л., 1972. 359 с.
- Бычков Д. А. Многоступенчатый скрининг при выделении исходного материала для селекции картофеля на повышенное содержание крахмала: автореф. дис. ... к. с.-х. н. СПб., 2005. 20 с.
- Киру С. Д., Костина Л. И. и др. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. СПб., 2010. 28 с.
- Королева Л. В. Выделение исходного материала для селекции картофеля на основе генеалогии и анализа потомств от самоопыления: автореф. дис. ... к. с.-х. н. СПб., 2000. 16 с.
- Косарева О. С. Исходный материал для селекции нематодоустойчивых сортов картофеля с комплексом хозяйственно-ценных признаков: автореф. дис. ... к. с.-х. н. СПб., 2012. 21 с.
- Костина Л. И. Выделение исходного материала для селекции картофеля на основе генеалогии: Методические указания. СПб., 1992. 105 с.
- Костина Л. И., Королева Л. В. Новая технология выделения исходного материала для селекции картофеля // Биологическая продуктивность растений и пути ее повышения: сборник научных трудов. Горки, 1999. С. 145–146.
- Костина Л. И., Фомина В. Е. и др. Картофель: Селекционные сорта картофеля (Исходный материал, выделенный на основе новой технологии): Каталог мировой коллекции ВИР. СПб., 2010. Вып. 804. 54 с.
- Патрикеева М. В., Чингаева Ю. Н. Популяция гриба *Phytophthora infestans* в Ленинградской области // Фитосанитарное оздоровление экосистем. Материалы второго Всероссийского съезда по защите растений. СПб., 2005. Т. 1. С. 527–528.
- Понин И. Я., Гладкая Р. М. Положение о порядке испытания гибридов картофеля на устойчивость к золотистой картофельной цистообразующей нематоды. М., 1985. 16 с.
- Шанина Е. П. Селекция сортов картофеля различного целевого назначения на Среднем Урале: автореф. дис. ... д. с.-х. н. Тюмень, 2012. 32 с.

ОБРАЗЦЫ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА КИТАЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ КАК ИСТОЧНИКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

А. В. Павлов, Н. Б. Брач, Е. А. Пороховинова, С. Н. Кутузова
Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства
им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: avpavlov77@yandex.ru

Резюме

В условиях Северо-Запада РФ были изучены 75 образцов льна-долгунца китайской селекции, высевавшиеся на протяжении 2–3 лет в период с 2006 по 2012 гг. В результате проведенного исследования были выделены новые источники основных хозяйственно-ценных признаков.

Ключевые слова: лен-долгунец, волокно, качество волокна.

FIBRE FLAX ACCESSIONS OF CHINESE BREEDING AS SOURCES OF VALUABLE AGRONOMIC CHARACTERS

A. V. Pavlov, N. B. Brutch, E. A. Porokhovinova & S. N. Kutuzova
Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства
им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: avpavlov77@yandex.ru

Summary

Evaluated in the environments of the North-West of Russia were 75 accessions of fibre flax varieties bred in China. They were planted for 2-3 years during the period from 2006 to 2012. As a result of the study, new sources of valuable agronomic characters were identified.

Keywords: fibre flax, fibre, fibre quality.

Введение

Прядильный лен является одной из важнейших технических культур во многих странах мира, несмотря на то, что в последние 7–8 лет по данным ФАО (Faostat, 2014) площади его возделывания сокращаются (рис.1). К современным сортам льна-долгунца предъявляются все более высокие требования: они должны быть высокопродуктивными, устойчивыми к болезням, давать волокно хорошего качества и т. д. В последние годы в России создано много сортов с высоким содержанием волокна. Однако повышение продуктивности привело к снижению качественных характеристик – ухудшению показателей гибкости, тонины, прочности, изменению равномерности распределения волокнистых веществ по длине стебля (Павлова, 2012). В производстве номер длинного волокна в среднем составляет 10, а конкурентоспособность российских товаров из льна остается одной из самых низких среди льносеющих стран (Жученко (мл.) и др., 2009). Поэтому перед нашими селекционерами все еще остро стоит вопрос о повышении качества

волокна. Ранее считалось, что успеху селекции противостоит отрицательная корреляция между содержанием волокна в стебле льна и его качеством (Артемьева, 1983; Богук, Сосновская, 1985). Однако анализ результатов селекции льна-долгунца в СССР за период с 1932 по 2000 гг. показал, что увеличение разнообразия исходного материала позволяет преодолеть нежелательные корреляции между признаками и добиться сочетания высоких хозяйственных показателей (Brutch, et.al., 2007). Таким образом, поиск исходного материала с высокими показателями качества как в стране, так и за ее пределами остается очень актуальным. В связи с этим, изучение и привлечение в селекционный процесс генетических ресурсов разных стран будут способствовать выведению сортов с необходимыми параметрами.

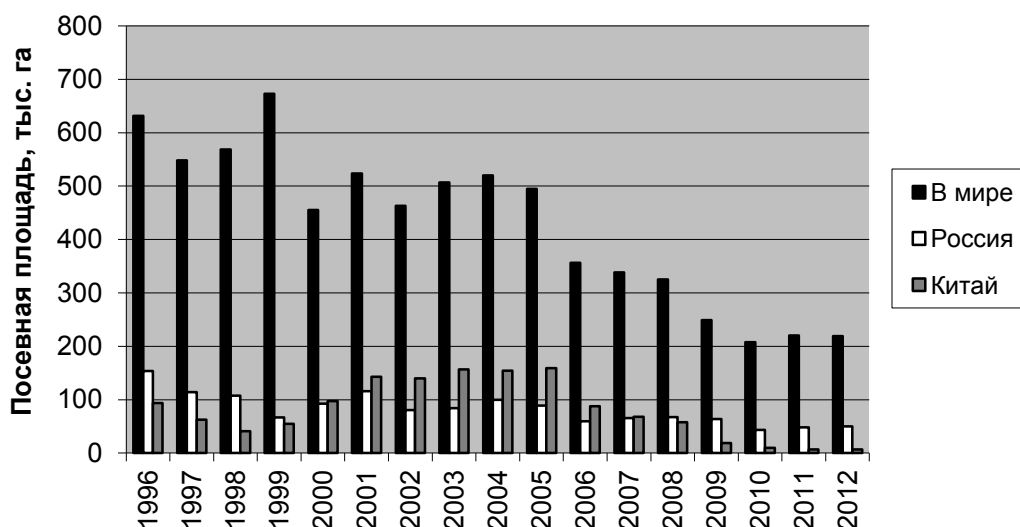


Рис. 1. Посевные площади льна-долгунца по данным ФАО

В Китае многовековую историю имеет выращивание масличного льна, а волокнистый лен, интродуцированный из Японии, в северных провинциях начали выращивать только в начале XX века и совсем недавно – в 1990-х – в южных регионах (Fei-Hu Liu, et.al. 2011). После Второй мировой войны новые сорта льна-долгунца ввозили из СССР, и сорт ‘Л-1120’, широко использовавшийся у нас в то время, стал родоначальником многих китайских сортов (Wang Yu Fu, личные контакты). В первые годы XXI века в Китае наблюдалось значительное увеличение производства льна-долгунца (рис.1). В связи с этим, как и в других странах, здесь обострилась проблема повышения качества волокна. Ее решают как включением в селекцию нового исходного материала, так и с помощью современных ДНК-технологий (Kulma, et.al., 2014).

За последнее десятилетие в коллекцию льна ВИР поступило около 150 образцов масличного и волокнистого льна из Китая. Образцы льна-долгунца были изучены на полях Пушкинских лабораторий ВИР (г. Пушкин) с целью

выявления источников хозяйственно-ценных признаков, пригодных к использованию в условиях Российской Федерации.

Материалы и методы

В данном исследовании представлены результаты изучения 75 образцов китайской селекции, высевавшихся на протяжении 2–3 лет в условиях Северо-Западного региона (Пушкинские лаборатории ВИР) в период с 2006 по 2012 гг. Образцы высевали на делянках площадью 1 м² и изучали по стандартной методике (Методические указания, 1988). Через каждые 20 образцов высевали сорта стандарты: ‘Призыв 81’ – скороспелость, ‘К-6’ – урожайность соломы и волокна, ‘Оршанский 2’ – показатели качества волокна. Выделение волокна проводили методом тепловой мочки. Волокно оценивали по стандартной методике (Методики технологической оценки..., 1961).

Результаты и обсуждение

В результате изучения образцов китайской селекции были выделены новые источники ценных признаков по основным хозяйственным показателям: скороспелости, технической длине стебля, содержанию и параметрам качества (гибкости, разрывной нагрузке, линейной плотности, ОРНр) волокна.

Скороспелость – важный показатель для современных сортов. В условиях полного перехода хозяйств на росяную мочку соломы он приобретает еще большее значение, так как теребление, расстил и вылежка соломы скороспелых сортов проходят в более благоприятных условиях, что значительно повышает возможности получения волокна высокого качества. Vegetационный период сорта ‘Призыв 81’ в среднем за годы изучения составил 72 дня (табл. 1) Ни один из изученных образцов не превзошел стандарт по скороспелости. На уровне стандарта оказались: к-8667 ‘Sxy 20’ (73 дня), и-612965 J 51008 (74 дня), и-612957 ‘Lu 1’ (75 дней), и-612956 ‘Fyy 13’ (76 дней), и-612958 ‘Sxy 7’ (76 дней).

Таблица 1. Образцы льна-долгунца, выделившиеся по скороспелости в период с 2006 по 2012 гг. в Ленинградской области

№ по каталогу ВИР	Название образца	Продолжительность вегетационного периода, дни	Процент к стандарту
к-8667	Sxy 20	73	101
и-612965	J 51008	74	102
и-612957	Lu 1	75	104
и-612956	Fyy 13	76	105
и-612958	Sxy 7	76	105
к-7472	Призыв 81, ст.	72	100
LSD		±1,6	
CV%		8,2	

Техническая длина стебля – расстояние от семядолей до соцветия. Это неоднозначный показатель: с одной стороны, из сортов с большей длиной стебля можно получить волокно более высоких номеров, но с другой стороны, высока вероятность полегания и, как следствие, снижение качества волокна. У сорта ‘Оршанский 2’ она составила в среднем 87,8 см. (табл. 2) Большинство из изученных китайских образцов были высокорослыми. По технической длине стебля значительно превосходили стандарт следующие образцы: к-8474 89 113-13-4-8-6 (109 см), и-610605 84106-23 (108,4 см), к-8397 N369 (102,8 см), к-8668 J 51007 (102,7 см) и другие.

Таблица 2. Образцы льна-долгунца, выделившиеся по технической длине стебля в период с 2006 по 2012 гг. в Ленинградской области

№ по каталогу ВИР	Название образца	Техническая длина стебля, см	Процент к стандарту
к-8474	89 113-13-4-8-6	109,0	124
и-610605	84106-23	108,4	123
к-8397	N369	102,8	117
к-8668	J 51007	102,7	117
к-8486	Heiya-13	102,4	117
к-8396	7005-26-1	102,3	117
к-8641	Y 51005	101,9	116
к-6807	Оршанский 2, ст.	87,8	100
LSD		±1,9	
CV%		9,2	

Содержание волокна (%) в стебле. Выделяют содержание длинного и всего волокна. Содержание длинного волокна может существенно варьироваться по годам у одних и тех же образцов и зависит от многих факторов: погодных условий, сроков уборки, способов первичной обработки. Содержание всего волокна – более стабильный показатель и в меньшей степени зависит от вышеперечисленных факторов. У стандарта ‘К-6’ содержание всего волокна составило в среднем 20,1 % (табл. 3). Достоверно превосходили его следующие образцы: к-8486 ‘Heiya 13’ (27,5%), к-8667 ‘Sxy 20’ (27,1 %), к-8522 J 51265 (27%), и-610600 ‘Xinying 2’ (26,5%), к- 8521 J 51253 (26,1%) и другие.

Качество волокна. К его основным параметрам относят гибкость, прочность, линейную плотность и ОРНр (относительная разрывная нагрузка расчетная).

Гибкость волокна у сорта ‘Оршанский 2’ в среднем составила 54,1 мм (табл. 4). Достоверно превосходили стандарт следующие образцы: к-8451 ‘Shanxi’ (59 мм), к-8667 ‘Sxy 20’ (59 мм), к-8515 J 51012 (59 мм), к-8513 J 51009 (59 мм), и-612952 Juan 2003-51 (58,5 мм), и-612956 ‘Туу 13’ (58,5 мм), к-8645 J 51035 (58 мм).

Разрывная нагрузка волокна сорта ‘Оршанский-2’ в среднем составила 25,8 даН (табл. 5). Достоверно превосходили стандарт следующие образцы: к-8397

№ 369 (33,3 даН), к-8487 8212-9 (32,9 даН), к-8474 89 113-13-4-8-6 (31,3 даН), к-8395 7102-12 (30,7 даН), к-8475 'Heiya 11' (30,4 даН) и другие.

Таблица 3. Образцы льна-долгунца, выделившиеся по наибольшему содержанию всего волокна в период с 2006 по 2012 гг. в Ленинградской области

№ по каталогу ВИР	Название образца	Содержание всего волокна, %	Процент к стандарту
к-8486	Heiya13	27,5	137
к-8667	Sxy 20	27,1	135
к-8522	J 51265	27,0	134
и-610600	Xinying 2	26,5	132
к- 8521	J 51253	26,1	130
К-6815	К-6, ст.	20,1	100
LSD		±0,5	
CV%		9,6	

Таблица 4. Образцы льна-долгунца, выделившиеся по наибольшей гибкости волокна в период с 2006 по 2012 гг. в Ленинградской области

№ по каталогу ВИР	Название образца	Гибкость волокна, мм	Процент к стандарту
к-8451	Shanxi	59	109
к-8667	Sxy 20	59	109
к-8515	J 51012	59	109
к- 8513	J 51009	59	109
и- 612952	Juan 2003-51	58,5	108
и-612956	Fyy 13	58,5	108
к-8645	J 51035	58	107
к-6807	Оршанский 2, ст.	54,1	100
LSD		±1,2	
CV%		10,9	

Таблица 5. Образцы льна-долгунца, выделившиеся по наибольшей разрывной нагрузке волокна в период с 2006 по 2012 гг. в Ленинградской области

№ по каталогу ВИР	Название образца	Разрывная нагрузка волокна, даН	Процент к стандарту
к-8397	N369	33,3	129
к-8487	8212-9	32,9	127
к-8474	89 113-13-4-8-6	31,3	121
к-8395	7102-12	30,7	119
к-8475	Heiya 11	30,4	118
к-6807	Оршанский-2, ст.	25,8	100
LSD		±0,7	
CV%		12	

Линейная плотность волокна сорта ‘Оршанский 2’ в среднем составила 3,9 текс (Табл. 6). Достоверно превзошли стандарт 12 образцов: и-612956 ‘Фуу 13’ (2,6 текс), к-8517 J 51014 (3,0 текс), к-8515 J 51012 (3,0 текс), к-8339 85-58-26-20 (3,1 текс), к-8645 J 51035 (3,2 текс), к-8519 J 51039 (3,3 текс), к-8513 J 51009 (3,3 текс), к-8648 J 51255 (3,3 текс) и другие.

Таблица 6. Образцы льна-долгунца, выделившиеся по наименьшей линейной плотности волокна в период с 2006 по 2012 гг. в Ленинградской области

№ по каталогу ВИР	Название образца	Линейная плотность волокна, текс	Процент к стандарту
и-612956	Фуу 13	2,6	68
к-8517	J 51014	3,0	77
к-8515	J 51012	3,0	78
к-8339	85-58-26-20	3,1	81
к-8645	J 51035	3,2	83
к-8519	J 51039	3,3	84
к-8513	J 51009	3,3	84
к-8648	J 51255	3,3	84
к-6807	Оршанский-2, ст.	3,9	100
LSD		±0,2	
CV%		17,5	

ОРНр. У сорта ‘Оршанский 2’ этот показатель составил 16,1 Н/текс (табл. 7). Достоверно превзошли стандарт 4 образца: и-612956 ‘Фуу 13’ (17,9 Н/текс), к-8339 85-58-26-20 (17,4 Н/текс), к-8645 J 51035 (16,8 Н/текс), к-8668 J 51007 (16,8 Н/текс).

Таблица 7. Образцы льна-долгунца, выделившиеся по относительной разрывной нагрузке в период с 2006 по 2012 гг. в Ленинградской области

№ по каталогу ВИР	Название образца	ОРНр, Н/текс	Процент к стандарту
и-612956	Фуу 13	17,9	111
к-8339	85-58-26-20	17,4	109
к-8645	J 51035	16,8	104
к-8668	J 51007	16,8	104
к-6807	Оршанский-2, ст	16,1	100
LSD		±0,2	
CV%		6,1	

Для анализа направлений и успехов в работе китайских селекционеров все изученные образцы были условно разделены на две группы: первая включала сорта и селекционный материал, полученный до 2005 г. и изучавшийся с 2006 по 2009 гг.; вторая была получена позднее и высевалась с 2010 по 2012 гг. На рис. 2–7 отображены шесть основных показателей, где по

оси абсцисс расположены образцы, а по оси ординат значения изучаемых признаков.

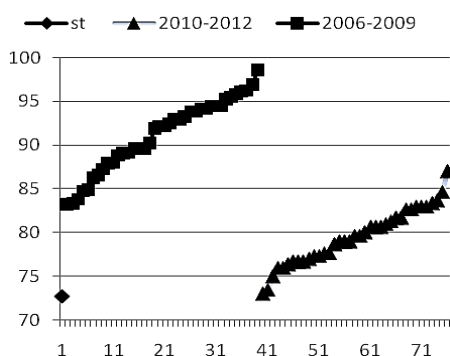


Рис. 2. Продолжительность вегетационного периода, дни

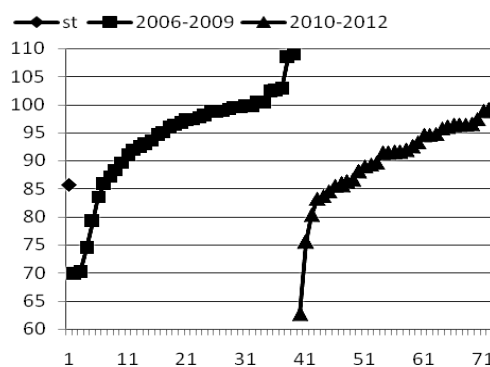


Рис. 3. Техническая длина стебля, см

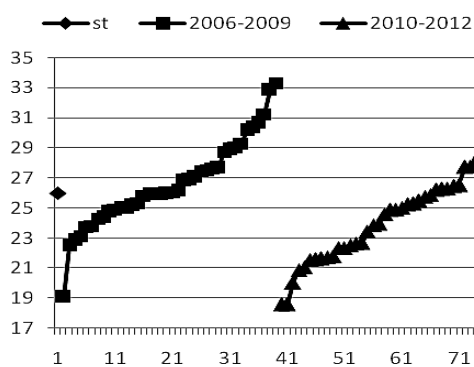


Рис. 4. Показатели прочности волокна, даН

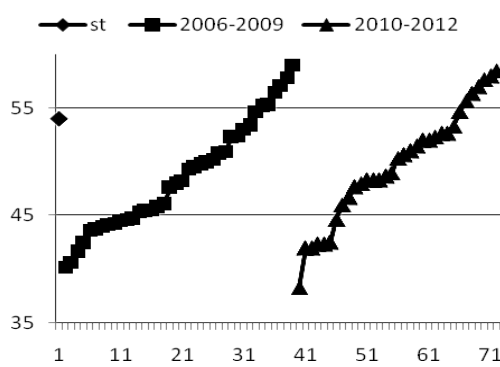


Рис. 5. Гибкость волокна, мм

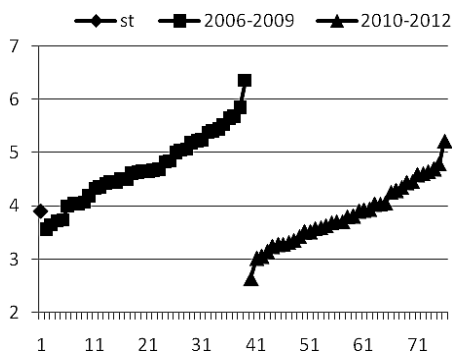


Рис. 6. Линейная плотность волокна, текс

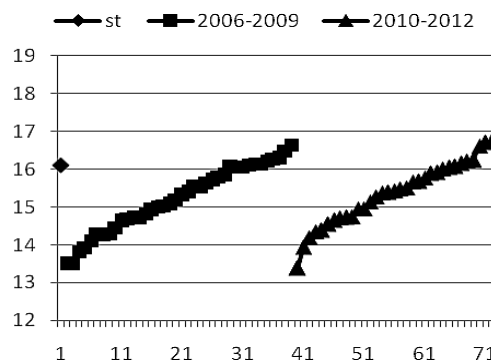


Рис. 7. Относительная разрывная нагрузка волокна, Н/текс

На рис. 2 представлен вегетационный период. Из рисунка видно, что у большинства образцов второй группы (2010–2012 гг.) наблюдается существенное снижение продолжительности вегетации, незначительное снижение технической длины стебля (рис. 3) и прочности волокна (рис. 4). В тоже время повысилось качество волокна: значительно снизилась линейная плотность (рис. 6), несколько увеличилась гибкость (рис. 5) и ОРНр (рис. 7).

Заключение

Анализ результатов работы китайских селекционеров в периоды до 2005 г. и позже него показал, что во втором периоде (по сравнению с первым) были достигнуты определенные результаты по сокращению вегетационного периода, что сопровождалось незначительным уменьшением технической длины стебля и прочности волокна. С другой стороны, повысилось качество волокна: сократилась линейная плотность, улучшились гибкость и ОРНр.

Литература

- Артемяева А. Е.* Химический состав и технологические свойства волокна льна-долгунца // Вести Академии наук БССР. 1983. № 3. С. 52–57.
- Богук А. М., Сосновская М. В.* Селекция льна-долгунца на повышение содержания волокна. В кн: Селекция, семеноводство и технология возделывания лубяных культур. М., 1985. С. 45–48.
- Жученко А. А. (мл.), Рожмина Т. А., Понажев В. П.* и др. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца. Тверь, 2009. 272 с.
- Арно А. А., Гращенко М. Г., Шиков С. А.* Методики технологической оценки продукции льна и конопли. М., 1961. 184 с.
- Лемешева Н. К.* Изучение коллекции льна. Методические указания. Л., 1988. 29 с.
- Павлова Л. Н.* Сорт – основа успешного развития льноводства // Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека. Материалы международного семинара. Тверь, 2012. С. 51–55.
- Brutch N., Pavlov A., Porokhovinova E.* et al. The role of initial material in the results flax breeding in Soviet Union and Russia from 1932 till 2000. // Innovative technologies for comfort: Proceedings of the 4th global workshop (general consultation) of the FAO/SCORENA European co-operative research network on flax and other bast plants. 7–10 October 2007. Arad, Romania. P. 43–44.
- Faostat.* 2014, in Russia. (<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>)
- Fei-Hu Liu, Xia Chen, Bo Long* et al. Historical and botanical evidence of distribution, cultivation and utilization of *Linum usitatissimum* L. (flax) in China // Vegetation History and Archaeobotany. 2011, V. 20, № 6. P. 561–566.
- Kulma A., Zuk M., Long S. H.* et al. Biotechnology of fibrous flax in Europe and China // Industrial Crops and Products. 2014, in press. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.032>)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЛЬНА КОЛЛЕКЦИИ ВИР В СОЗДАНИИ СОРТОВ ТОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Г. А. Попова¹, Г. А. Мичкина¹, Н. Б. Рогальская¹,
В. М. Трофимова¹, Н. Б. Брач²

¹ Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа
Россельхозакадемии, г. Томск, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства
им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru

Резюме

26 образцов льна различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР: Россия – 4; Казахстан – 3; Монголия – 2; Португалия – 2; Испания – 1; Франция – 14 изучены в 2009–2011 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа (СибНИИСХиТ), расположенном в подтаежной зоне Западной Сибири в условиях континентального климата. Методом двухфакторного дисперсионного и корреляционного анализов исследовано влияние генотипов и погодных условий на проявление хозяйственных признаков, корреляции между ними. Лучшие по хозяйственно полезным признакам образцы льна к-1338 (Казахстан), к-1436 (Алтайская губерния), к-1439 (Казахстан), к-6085 (Португалия), к-7454 (Франция), к-7359 (Португалия), к-7460 (Франция), к-7470 (Франция), к-8289 (Франция) признаны перспективными и вовлечены в селекционный процесс в качестве отцовских родительских форм. Получено 20 гибридных комбинаций, 440 растений включены в питомник отбора.

Ключевые слова: селекция, исходный материал, лен, гибридизация, корреляции, продуктивность, адаптивность.

INVOLVEMENT OF WORLDWIDE FLAX GENETIC RESOURCES FROM VIR'S COLLECTION IN THE DEVELOPMENT OF CULTIVARS IN TOMSK

G. A. Popova¹, G. A. Michkina¹, N. B. Rogalskaya¹,
V. M. Trofimova¹ & N. B. Brutch²

¹Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Tomsk, Russia

²N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry,
St. Petersburg, Russia, e-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru

Summary

Twenty-six flax accessions of diverse ecogeographic origin from VIR's collection (4 from Russia, 3 from Kazakhstan, 2 from Mongolia, 2 from Portugal, 1 from Spain, and 14 from France) were evaluated in 2009–2011 at the experimental field of the Siberian Institute of Agriculture and Peat located in the subtaiga zone of Western Siberia with continental climate. Using the two-factor variance and correlation analyses, the effect of genotypes and

environments on the expression of plant characters and correlations between them were studied. The accessions with best agronomic traits – k-1338 (Kazakhstan), k-1436 (Altai province), k-1439 (Kazakhstan), k-6085 (Portugal), k-7454 (France), k-7359 (Portugal), k-7460 (France), k-7470 (France), and k-8289 (France) - were recognized as promising source material and were involved in the breeding process as paternal parent forms. Twenty hybrid combinations were obtained, and 440 plants were placed into the screening nursery.

Keywords: breeding, source material, flax, hybridization, correlations, productivity, adaptability.

Введение

Лен-долгунец – исконно русская древнейшая и важнейшая техническая культура стратегического назначения, обладающая уникальными свойствами и возможностями для использования в различных, в том числе высокотехнологичных отраслях экономики. На протяжении нескольких столетий Россия традиционно являлась крупнейшим мировым производителем и экспортером льноволокна и льняных тканей. Из всех видов растительного волокна во льне содержится наибольшее количество целлюлозы. Несмотря на то, что в последние 20 лет его посевы значительно сократились, лен по-прежнему остается основным источником натуральных волокон, производимых в РФ.

Н. И. Вавилов (1935) придавал проблеме исходного материала особое значение, выделяя ее среди основных разделов селекции. Для генетического обогащения исходного материала необходимо более интенсивно использовать в селекционных программах образцы из мировой коллекции льна, имеющие отдаленное эколого-географическое происхождение и обладающие, как правило, наибольшими генотипическими отличиями от местных сортов (Крепков, 2000; Жученко (мл.), Рожмина, 2000). Коллекционный материал по льну включает ценные формы как по отдельным признакам и свойствам, так и по их комплексу (Давидян, 1955, Кутузова, 1998). Изучение коллекционного материала в конкретных условиях дает основание для его использования в гибридизации (Крепков, 2000). С этой целью в нашем институте раз в пять лет формируется новый питомник экологического испытания коллекции.

В томской селекции льна-долгунца длительное время в качестве исходного материала использовали местные кряжевые льны (Крепков, 2000). В дальнейшем в селекционную работу был привлечен набор коллекционных образцов и сортов различного географического происхождения. В результате этого для Сибири было создано семь раннеспелых сортов льна с высоким содержанием волокна, адаптивных к биотическим и абиотическим условиям (Мичкина и др., 2009).

Для улучшения качества волокна, повышения устойчивости к полеганию и болезням, сохранения высокой продуктивности в качестве исходного материала в скрещивания вовлекаются образцы льна других опытных учреждений: мировой коллекции Всероссийского научно-исследовательского

института растениеводства (ВИР) и Всероссийского научно-исследовательского института льна (ВНИИЛ) (Крепков, 2000). Многолетние исследования в условиях Сибири показали значительные отличия проявлений хозяйственно-ценных признаков у одних и тех же образцов льна по сравнению с данными, полученными другими научно-исследовательскими учреждениями. В коллекции изучаются сорта льна, возделываемые на волокно в странах Западной Европы, Азии (Попова, Крепков, 2005, Попова и др., 2012). Изучаются местные и кряжевые льны-долгунцы из основных центров народной селекции (Притчина, Крепков, 2007).

Цель наших исследований – выделить на базе коллекции ВИР образцы льна с хозяйственно полезными признаками и свойствами для селекционной работы в условиях подтаежной зоны Томской области.

Материалы и методы

В качестве исходного материала для исследований использованы 26 образцов льна различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР: Россия – 4; Казахстан – 3; Монголия – 2; Португалия – 2; Испания – 1; Франция – 14.

Исследования проведены в 2009–2011 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа (СибНИИСХиТ), расположенного в подтаежной зоне Западной Сибири в условиях континентального климата (Агроклиматические..., 1975). По агроклиматическим условиям территория Томской области входит в зону тайги Западной Сибири. Почва серая лесная среднеподзоленная, среднemocная, среднесуглинистая, реакция почвенного раствора слабoкислая (pH 5,3), содержание гумуса в пахотном горизонте достигает 5%. Обеспеченность почвы подвижным фосфором (P_2O_5 – 39,3 мг/100 г) и обменным калием (K_2O – 19,6 мг/100 г) высокая. Предшественник льна – зерновые культуры.

Температурный режим вегетационного периода определяется континентальностью климата. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 115 дней, наименьшая – 86 дней (Крепков, 2000). Сумма среднесуточных температур выше $10^{\circ}C$ равна $1700^{\circ}C$; число дней с температурой больше $10^{\circ}C$ – 110; количество осадков за год составляет 400–500 мм, за вегетационный период – около 200–220 мм. Годы проведения исследований различались по погодным условиям (<http://rp5.ru>). В 2009 г. май (время посева льна) и июль (время созревания) были относительно теплыми, а июнь оказался холодным (рис.1). Умеренное количество выпавших осадков относительно равномерно распределилось по периоду вегетации растений. В первой половине мая 2010 г. было холодно, однако затем температура стала быстро подниматься до средних значений по трем годам. Осадков выпало меньше, чем в предыдущем году, и лишь в начале июня прошли хорошие дожди. В 2011 г. с начала мая температура воздуха стала резко подниматься, и в

июне, когда происходит цветение льна, было очень тепло. Выпадение осадков было неравномерным, но в июле прошли обильные дожди.

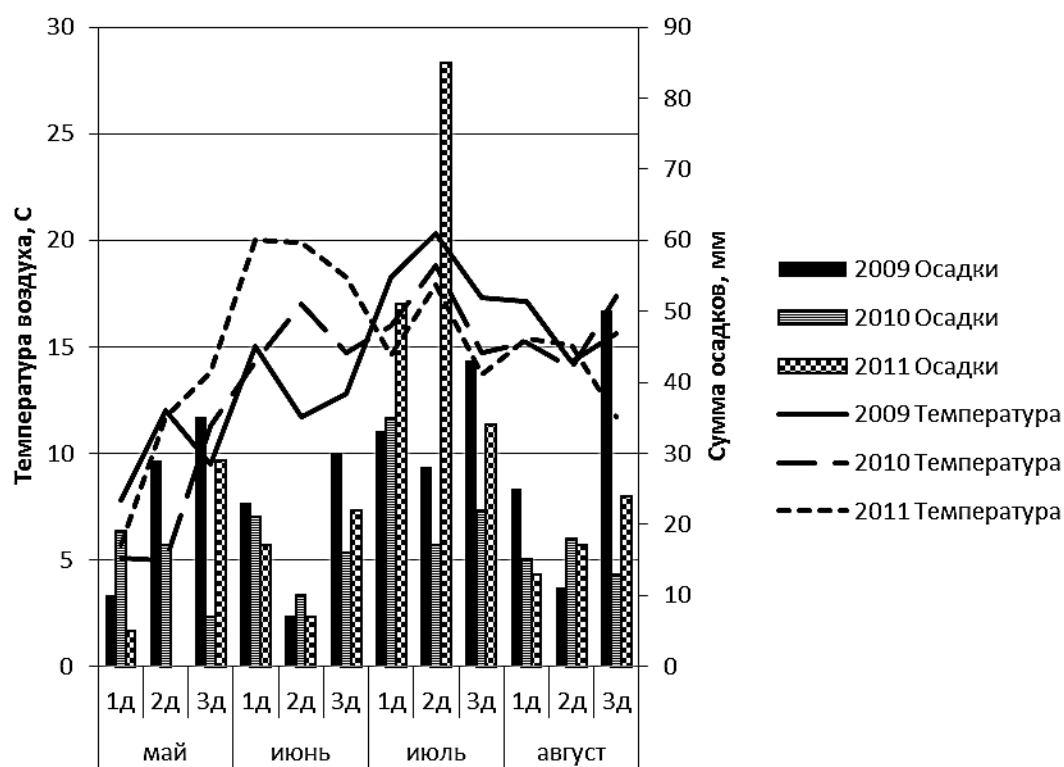


Рис. 1. Среднесуточные температуры воздуха и суммы осадков в 2009–2011 гг. в Томской области

Полевые опыты проводили в соответствии с методическими указаниями по изучению коллекции льна (Методические указания, 1988). Образцы высевали на делянках площадью 1 м² с междурядьями 8 см. В качестве стандарта по всем признакам, определяющим продуктивность, использован районированный сорт 'Томский 16'. Параллельно полевому закладывали луночный питомник с площадью питания 2,5 Ч 2,5 см для проведения морфологического анализа и определения процентного содержания волокна. Волокно выделяли методом тепловой мочки. Математическая обработка результатов наблюдений выполнена с помощью двухфакторного дисперсионного и корреляционного анализов по стандартным методикам (Лакин, 1990) в программе Excel.

Результаты и обсуждение

Определяющим фактором при возделывании льна-долгунца в Сибири является безморозный период (Крепков, 2000). Для гарантированного и

устойчивого ведения отрасли при создании новых сортов льна необходимо ориентироваться на его минимум (86 дней). Длина вегетационного периода у изучаемых образцов льна находилась в диапазоне 74–92 дня. У некоторых образцов она сильно зависела от условий года. Например, сорт ‘Tissandre’ из Франции (к-6926) в 2009 и 2011 гг. развивался 74 дня, а в 2010 г. – 92. Однако ряд образцов имели стабильный вегетационный период, несмотря на изменения погодных условий: к-1204 (Пензенская губерния) – 83–84 дня, к-1338 (Казахстан) и к-5752 (Монголия) – по 74–76 дней, к-1436 (Алтайская губерния), к-1439 (Казахстан), к-5573 (Тувинская АССР), к-6085 (Португалия) и к-7587 (Франция) – по 74 дня, к-6160 (Чувашия) – 77–78 дней. Методом двухфакторного дисперсионного анализа было установлено, что продолжительность вегетационного периода в большей степени зависит от генотипа, но и влияние погодных условий тоже статистически значимо (табл. 1). В целом по вегетационному периоду выделено 14 раннеспелых образцов на уровне стандарта ‘Томский 16’ (74–77 дня): к-1338 (Казахстан), к-1436 (Алтайская губерния), к-1439 (Казахстан), к-6085 (Португалия) и другие; среднеспелых (78–80 дней) – 5; позднеспелых (81–85 дней) – 8 образцов.

Таблица 1. Влияние генотипа и условий года на признаки льна по данным двухфакторного дисперсионного анализа 27 образцов в 2009–2011 гг. в Томской области

Признак	Доля влияния, %		Случайная изменчивость
	Генотип	Год	
Всходы-цветение	23,3*	60,3*	16,4
Цветение-созревание	13,1*	80,3*	6,6
Всходы-созревание	50,8*	26,0*	23,2
Общая высота	82,9*	4,2*	12,9
Техническая длина	83,1*	9,4*	7,5
Средний диаметр	14,1	67,6*	18,3
Число коробочек на растении	24,0*	53,4*	22,6
Число семян на растении	26,9	36,9*	36,2
Масса соломки	40,8*	42,3*	16,9
Масса волокна	71,3*	15,7*	13,0
Содержание волокна, %	38,8*	50,5*	10,7
Мыклость	39,3*	53,2*	7,5

*Влияние фактора значимо ($P_0 < 0.05$)

Большое значение для селекции на скороспелость имеет изучение продолжительности основных фаз вегетационного периода – всходы-цветение и цветение-созревание (Брач, 1997). В нашем опыте эти признаки зависели в основном от погодных условий (табл. 1). Влияние генотипа было достоверным, но гораздо менее сильным. Интересно, что для всего вегетационного периода

мы наблюдали противоположную картину. Видимо, в данном случае, растягивание одной фазы у большинства образцов компенсировалось сокращением другой и наоборот.

Таблица 2. Результаты морфолого-структурного анализа урожая образцов льна-долгунца коллекции ВИР в Томской области, среднее за 2009–2011 гг.

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Название	Общая высота растений, см	Число коробочек, шт.	Содержание волокна, %	Мыклость
к-1204	Пензенская губерния		42*	4,1	26,4	392
к-1338	Казахстан		49*	5,9	25,3	364
к-1436	Алтайская губерния		49*	5,1	23,8*	325
к-1439	Казахстан		56	4,9	24,1*	383
к-3942	Казахстан		53*	6,0	24,2	345
к-5573	Тувинская АССР	Тувинский, ГК-179	55*	4,8	24,8	390
к-5752		Монголия	60	4,2	26,3	443
к-6085	Португалия	№ 44215	65	5,3	25,8	424
к-6160	Чувашия	Стародавний 262	56	5,0	24,7	404
к-6454	Франция		68	3,9	25,2	528
к-6654	Франция	Emeroude	62	4,7	25,4	439
к-6655	Франция	Lade	68	3,2	26,7	538
к-6784	Монголия	местный	56	5,1	24,4*	401
к-6926	Франция	Tissandre	72*	4,2	22,5*	527
к-7359	Португалия		67	2,8	27,9	516
к-7454	Франция	Datcha	73*	3,3	29,6	562
к-7455	Франция	Silva	68	3,7	30,7	476
к-7460	Франция	Fany	64	2,8	33,6	503
к-7470	Франция	Eva	67	4,1	29,8	454
к-7587	Франция	Astelia	63	3,9	31,0	453
к-7665	Испания	Opaline	68	4,0	27,8	490
к-7851	Франция	Hermes	72*	4,0	26,2	488
к-8288	Франция	Diane	77*	3,2	32,6	540
к-8289	Франция	Aurore	80*	3,5	31,9	571
к-8290	Франция	Venus	65	2,6	33,3	477
к-8291	Франция		65	2,9	34,3	463
стандарт	Томская ГСХОС	Томский 16	64	2,8	31,6	487
среднее			64,3	4,03	27,9	460
S _x			2,77	1,19	2,47	57
НСР ₀₅			7,85	3,37	7,02	160

* – различия со стандартом достоверны при 5% уровне значимости по t-критерию Стьюдента

Важным признаком, в значительной мере определяющим урожайность волокна, является высота растений. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что высота растений как общая, так и техническая почти полностью зависит от генотипа образца. Это согласуется с данными, полученными в других регионах (Брач, 2007). Данный факт указывает на то, что отбор по фенотипу при селекции на повышение высоты растений будет эффективным. По результатам трехлетних наблюдений выделены высокорослые образцы из Франции – к-6926, к-7454, к-7851, к-8288, к-8289, которые достоверно превышали стандарт ‘Томский 16’ на 8–16 см (табл. 2) и имели стабильные показатели в разные годы.

Анализ семенной продуктивности льна в луночном посеве по количеству коробочек и семян на одно растение показал, что эти признаки не стабильны и их проявление зависит в большей степени от погоды, чем от генотипа. Значительной является и доля случайной изменчивости (табл. 1). Наибольшее количество коробочек и семян по результатам трехлетнего изучения получено у образцов к-1338 (Казахстан), к-1436 (Алтайская губерния), к-3942 (Казахстан), к-6085 (Португалия), к-6160 (Чувашия), к-6784 (Монголия), при этом достоверных различий между образцами не выявлено. В полевом посеве достаточно высокая семенная продуктивность отмечена у образцов льна из Франции к-6454, к-6926, к-7454, к-8289 ($40\text{--}53 \text{ г/м}^2$), в то время как у стандарта ‘Томский 16’ урожайность семян составляла $21\text{--}30 \text{ г/м}^2$ (рис. 2).

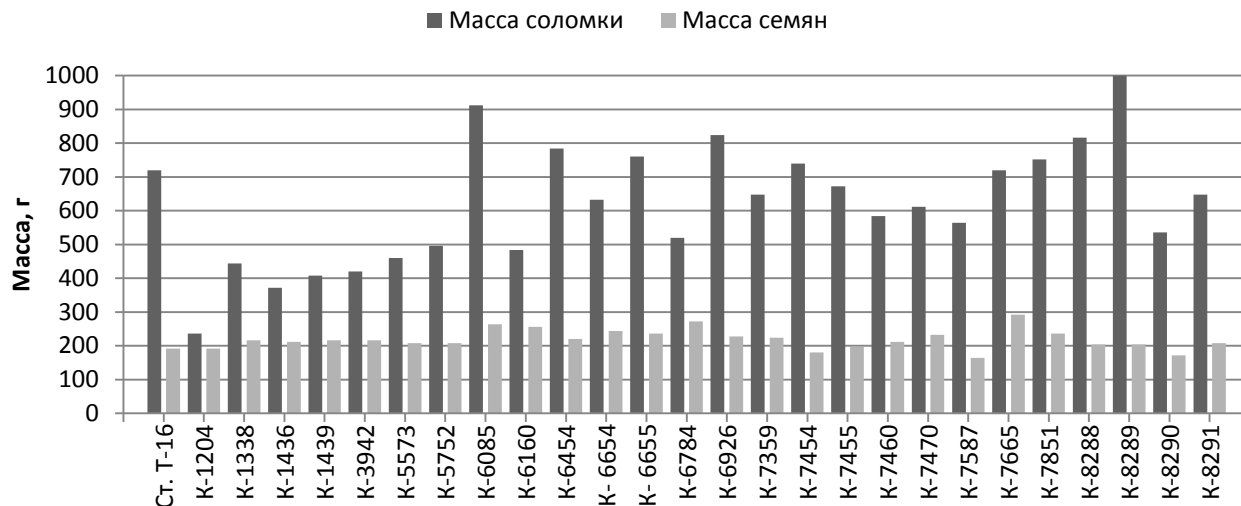


Рис. 2. Урожайность соломки и семян с 1 м^2 у коллекционных образцов льна в 2011 г. в Томской области

Урожайность соломки у льна-долгунца является одним из важнейших признаков, характеризующих продуктивность. Дисперсионный анализ показал примерно равное влияние генотипа и погоды на проявление данного признака. Образцов, имеющих стабильный урожай соломки не выявлено. Сравнительная

оценка выделила генотипы из Франции с наибольшей урожайностью соломки: к-6454, к-6926, к-7454, к-8289 ($100\text{--}200 \text{ г/м}^2$), которые превышали стандарт в два раза (рис. 2).

Определяющим показателем при оценке волокнистой продуктивности является процентное содержание волокна в стеблях льна. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа этот признак определяется в основном погодными условиями, что подтверждается отсутствием образцов с его стабильным проявлением, но влияние генотипа тоже велико (табл. 1). 2009 год был наиболее благоприятным для формирования волокна. У высоковолокнистого сорта льна 'Томский 16' содержание волокна в стеблях достигало 37,6 % (рис. 3). Один образец льна – к-8288 ('Diane') из Франции – превысил стандарт по содержанию волокна на 3,8%. На уровне стандарта по содержанию волокна в стеблях было шесть образцов французской селекции: к-7454, к-7460, к-7470, к-7587, к-8289, к-8290, к-8291. Десять образцов льна содержали в стеблях 30–35% волокна, семь образцов – менее 30%. В последующие годы отмечалось пониженное содержание волокна. В результате трехлетнего наблюдения не выявлено статистически значимого превышения показателя стандарта 'Томский 16', достоверно ниже него показали себя образцы: к-1436 (Алтайская губерния), к-1439 (Казахстан), к-6784 (Монголия), к-6926 (Франция) (табл. 2).



Рис. 3. Процентное содержание волокна и мыклость у коллекционных образцов льна в 2009 г. в Томской области

Конечным показателем продуктивности культуры льна-долгунца является урожайность волокна. В нашем опыте методом дисперсионного анализа установлено, что она более чем на 70% определяется генотипом образца, и мало, хотя и достоверно, зависит от погодных условий (табл. 1). Это имеет

большое значение для селекции, так как урожай соломки и содержание волокна значительно больше подвержены влиянию погоды.

Расчетный показатель мыклость – отношение технической длины стебля к его толщине (среднему диаметру), характеризует выход и качество волокна (Соловьев, 1989). У льна-долгунца с высокими качественными параметрами она составляет 400–700. Средний диаметр стебля льна по результатам дисперсионного анализа показал преимущественную зависимость от погодных условий (табл. 1). Наиболее тонкими стебли были в 2009 г.

Также как и толщина стебля, мыклость определяется в основном погодными условиями, хотя и влияние генотипа составляет почти 40% (табл. 1). В условиях благоприятного 2009 года, когда сформировались высокие тонкие растения, очень хороший показатель мыклости 710–722 наблюдали у трех образцов льна из Франции: к-6454, к-8288 ('Diane'), к-8289 ('Aurore'). У шести образцов значения были высокими – 600–700: кк-6655, 6926, 7454, 7460, (Франция), к-7359 (Португалия), к-7665 (Испания), у шести – на уровне стандарта 'Томский 16' (571–588) (рис. 2). Однако по результатам трехлетнего изучения достоверных отличий от стандарта не выявлено (табл. 2), также как и стабильного проявления признака в разных погодных условиях.

В селекции любой культуры необходимо учитывать не только отдельные хозяйственные признаки и влияние на них условий выращивания, но и взаимодействие между важными характеристиками. Сильные корреляции между признаками говорят о том, что ведя отбор по одному из них, мы автоматически будем изменять другой. А отсутствие корреляции между признаками указывает на возможность независимой селекции на их улучшение.

Анализ корреляций признаков льна, изученных в 2009–2011 гг., показал, что в условиях Томской области продолжительность вегетационного периода всегда в средней степени коррелирует с фазой цветение-созревание, а также в меньшей степени – с фазой всходы-цветение (табл. 3). Это указывает на то, что для выведения скороспелых сортов нужно вести отбор на сокращение обеих частей вегетационного периода. Большое значение имеет тот факт, что темп развития растений обычно не коррелировал с остальными изученными признаками. Только в 2010 г. продолжительность всего вегетационного периода и фазы всходы-цветение коррелировала с высотой растений, массой соломки и волокна, мыкlostью. Значит, вполне возможно создание скороспелых, высокопродуктивных сортов льна. Остальные признаки в различной степени коррелировали между собой. При этом число коробочек и семян на растении были сильно положительно связаны друг с другом, но составляли своеобразную оппозицию мыкlostи и содержанию волокна, а в некоторые годы также высоте и массе волокна, имея с ними отрицательные корреляции разной силы. Данный факт свидетельствует о том, что одновременная селекция на повышение урожая волокна и семян вряд ли будет успешной. Группу наиболее тесно связанных между собой признаков составляли общая и техническая высота растений, масса соломы и волокна, диаметр стебля. Мыкlostь, будучи отношением

высоты к толщине стебля, коррелировала в основном с высотой растений и никогда – с диаметром. Это объясняет значительно большее влияние генотипа на нее, чем на толщину стебля, так как высота почти полностью зависит от образца. Наиболее независимым признаком являлось содержание волокна в стебле. Оно имело только одну постоянную отрицательную корреляцию с числом семян на растении, но в некоторые годы положительно коррелировало с высотой растений, массой волокна и мыкльостью.

Таблица 3. Парные корреляции признаков 27 образцов льна, изученных в 2009–2011 гг. в Томской области

	Год	Всходы-цветение	Цветение-созревание	Всходы-созревание	Общая высота	Техническая длина	Средний диаметр	Число коробочек	Число семян	Масса соломки	Масса волокна	Содержание волокна, %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
Цветение-созревание	2009	-0,08	1,00									
	2010	0,22	1,00									
	2011	-0,08	1,00									
Всходы-созревание	2009	0,54*	0,79	1,00								
	2010	0,82	0,75	1,00								
	2011	0,54	0,79	1,00								
Общая высота	2009	0,28	0,14	0,29	1,00							
	2010	0,61	0,05	0,45	1,00							
	2011	0,19	0,09	0,19	1,00							
Техническая длина	2009	0,29	0,15	0,31	0,99	1,00						
	2010	0,72	0,17	0,60	0,94	1,00						
	2011	0,25	0,19	0,31	0,96	1,00						
Средний диаметр	2009	-0,19	0,00	-0,11	0,38	0,31	1,00					
	2010	0,34	0,17	0,33	0,70	0,56	1,00					
	2011	0,15	-0,12	-0,01	0,84	0,71	1,00					
Число коробочек	2009	-0,22	-0,02	-0,15	-0,60	-0,67	0,21	1,00				
	2010	-0,50	0,00	-0,35	-0,39	-0,56	0,22	1,00				
	2011	0,00	-0,36	-0,30	-0,12	-0,31	0,35	1,00				
Число семян	2009	-0,23	0,05	-0,10	-0,58	-0,65	0,21	0,96	1,00			
	2010	-0,38	0,14	-0,18	-0,48	-0,56	0,03	0,83	1,00			
	2011	0,03	-0,29	-0,22	0,05	-0,14	0,50	0,95	1,00			
Масса соломки	2009	0,16	0,15	0,22	0,90	0,86	0,65	-0,35	-0,31	1,00		
	2010	0,65	0,18	0,56	0,94	0,90	0,81	-0,26	-0,33	1,00		
	2011	0,24	0,10	0,23	0,96	0,91	0,90	-0,01	0,16	1,00		
Масса волокна	2009	0,08	0,14	0,16	0,87	0,86	0,56	-0,57	-0,56	0,91	1,00	
	2010	0,73	0,12	0,57	0,84	0,89	0,60	-0,53	-0,54	0,88	1,00	

окончание таблицы

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	2011	0,16	0,18	0,25	0,93	0,92	0,81	-0,19	-0,02	0,96	1,00	
Содержание волокна, %	2009	-0,03	-0,13	-0,12	0,53	0,59	0,17	-0,76	-0,78	0,46	0,76	1,00
	2010	0,43	-0,06	0,26	0,33	0,45	-0,13	-0,73	-0,65	0,24	0,59	1,00
	2011	0,01	0,25	0,21	0,23	0,36	0,01	-0,67	-0,60	0,26	0,45	1,00
Мыклость	2009	0,39	0,16	0,38	0,78	0,83	-0,27	-0,79	-0,77	0,48	0,54	0,48
	2010	0,68	0,14	0,55	0,78	0,91	0,19	-0,78	-0,70	0,67	0,75	0,60
	2011	0,24	0,32	0,42	0,73	0,88	0,28	-0,66	-0,52	0,63	0,68	0,48

* – Жирным шрифтом выделены корреляции, статистически значимые при $P_0 < 0,01$

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлен ценный и пластичный исходный материал для создания сортов с признаками раннеспелости: к-1338 (Казахстан), к-1436 (Алтайская губерния), к-1439 (Казахстан), к-6085 (Португалия); продуктивности: к-7454 (Франция), к-7359 (Португалия), к-7460 (Франция), к-7470 (Франция), к-8289 (Франция). Образцы льна, выделившиеся по общей высоте, технической длине стебля, содержанию и качеству волокна, урожайности соломки и семян признаны перспективными для включения в селекционный процесс и выступают как источники улучшения основных хозяйственно-ценных признаков. Они использованы в качестве отцовских родительских форм в гибридизации, полученные гибридные семена вошли в питомник отбора. Получено 20 гибридных комбинаций, 440 растений включены в луночный питомник отбора.

Литература

- Агроклиматические ресурсы* Томской области. Справочник. Л., 1975. 148 с.
- Брач Н. Б. Проблема скороспелости в селекции льна-долгунца // Национальная коллекция русского льна. Торжок, 1997. С. 91-94.
- Брач Н. Б. Внутривидовое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его использование в генетических исследованиях и селекции. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2007. 38 с.
- Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции растений. М– Л., 1935. Т. 1. 911 с.
- Давидян Г. Г. Влияние внешних признаков льна: автореф. дис. ... к. с.-х. н. Л., 1955. 25 с.
- Жученко А. А. (мл.), Рожмина Т. А. Мобилизация генетических ресурсов льна. Старица, 2000. 224 с.
- Крепков А. П. Селекция льна-долгунца в Сибири. Томск, 2000. 183 с.
- Кутузова С. Н. Генетика льна. // Серия: Генетика культурных растений. СПб, 1998. С. 6–52.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М., 1990. 351 с.

- Методические указания. Изучение коллекции льна. / Под ред. Н. К. Лемешева. Л., 1988. 29 с.*
- Мичкина Г. А., Рогальская Н. Б., Попова Г. А. История селекции томского льна-долгунца. // Развитие научного наследия Н. И. Вавилова на современном этапе: материалы международной научной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения академика Н. И. Вавилова. Новосибирск, 2009. С. 148–155.*
- Попова Г. А., Крепков А. П. Характеристика продуктивности скороспелых сортов льна по морфофизиологическим параметрам // Сибирский вестник сельхоз. науки. 2005. № 3. С. 31–34.*
- Попова Г. А., Мичкина Г. А., Рогальская Н. Б., Трофимова В. М. Поиск генотипов льна-долгунца с ценными признаками из коллекции ВИР. // Достижения науки и техники в АПК. 2012. № 5 С. 3–5.*
- Притчина Е. В., Крепков А. П. Перспективный исходный материал для селекции льна-долгунца // Сибирский вестник сельхоз. науки. 2007. № 1. С. 22–24.*
- Соловьев А. Я. Льноводство. М., 1989. 320 с.*

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ СКОРОСПЕЛЫХ ОБРАЗЦОВ СОИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ

И. В. Сеферова, Л. Ю. Новикова

Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства
им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: i.seferova@vir.nw.ru

Резюме

Оценены климатические потребности скороспелых образцов сои в межфазные периоды посев-всходы и всходы-цветение в условиях Северо-Запада Российской Федерации. Главным регулирующим фактором продолжительности этих периодов является теплообеспеченность. Продолжительность периода посев-всходы в интервале от 10 до 19°C с ростом средних за период температур сокращается, а при более высоких температурах становится постоянной (минимальной). Продолжительность периода всходы-цветение с ростом температур сокращается и для части образцов при температурах выше 19°C становится постоянной. Вторым по значимости фактором, определяющим продолжительность данных периодов, является количество осадков. Отсутствие осадков при посеве замедляет появление проростков. Избыток осадков в период всходы-цветение замедляет начало цветения.

Ключевые слова: соя, Северо-Запад Российской Федерации, посев-всходы, всходы-цветение, температура, осадки.

CLIMATIC FACTORS AFFECTING THE DEVELOPMENT OF EARLY SOYBEAN ACCESSIONS IN THE ENVIRONMENTS OF THE RUSSIAN NORTHWEST

I. V. Seferova & L. Y. Novikova

N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry,
St. Petersburg, Russia, e-mail: i.seferova@vir.nw.ru

Summary

Climate requirements of early soybean forms have been evaluated in the planting-shooting and shooting-flowering interphase periods under the conditions of the Russian Northwest. The mean temperature is the principal factor regulating the duration of these periods. The duration of the period from planting to shooting within the interval from 10°C to 19°C has reduced with the growth of mean temperatures, and at temperatures above 19°C becomes constant (minimum). The duration of the period from shooting to flowering has reduced with the growth of temperatures, and for several accessions has become constant at temperatures above 19°C. Another, though less important factor determining the duration of these periods is rainfall. Absence of rainfall at the planting phase delays germination. Excessive rainfall in the shooting-flowering period delays the beginning of flowering.

Keywords: soybean, Russian Northwest, planting-shooting, shooting-flowering, temperature, rainfall.

Введение

В связи с наблюдающимся потеплением климата и перспективами продвижения относительно теплолюбивых культур в северные регионы, актуальным остается вопрос количественной оценки потребностей культур и сортов в основных жизненных факторах при выращивании в нетрадиционных для них условиях. В данной работе продолжены проводящиеся во Всероссийском научно-исследовательском институте растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР) многолетние исследования по выявлению биологического потенциала сои в условиях Северо-Запада Российской Федерации (Щелко, 1995; Вишнякова и др., 2007; Сеферова и др., 2007). Рассмотрены климатические потребности сои в межфазные периоды посев-всходы и всходы-цветение.

В агроклиматологии существуют несколько методов определения климатических потребностей растений. Метод сопряженных многолетних наблюдений за хозяйственно ценными признаками и метеорологическими условиями требует многих лет наблюдений. Для изучения по методу учащенных посевов Г. Т. Селянинова достаточно одного-двух лет (Мищенко, 2009). Набор образцов сои был нами исследован различными методами. С 1999 по 2013 г. образцы высевались в оптимальные и в ранние сроки на полях Пушкинских лабораторий ВИР (г. Пушкин), а в 2012 и 2013 гг. образцы были там же исследованы методом учащенных посевов. Ранее выполненный анализ этих опытов (Новикова и др., 2013) показал, что главными факторами, регулирующими в условиях Северо-Запада РФ продолжительность периода всходы-цветение образцов сои со слабой фотопериодической чувствительностью, являются температура и количество осадков за период с температурой выше 15°C. Было найдено, что температурный минимум периода всходы-цветение скороспелых образцов сои равен 10°C, а периода посев-всходы – 7°C.

Задачей данного исследования являлось уточнение (за счет использования в расчетах дополнительных параметров и расширенного экспериментального материала) вида зависимости продолжительностей межфазных периодов посев-всходы и всходы-цветение скороспелых образцов сои от температуры и суммы осадков.

Материалы и методы

Работу выполняли на девяти скороспелых образцах сои различного происхождения. Изучались российские сорта: 'Окская', 'Светлая' (Рязанский НИИСХ) и 'Алтом' (Алтайский НИИСХ) и образцы: Fiskeby 1040-4-2

(Швеция), 'KG-20' (Канада). Кроме того были использованы экспериментальные популяции, созданные М. Г. Агаевым в условиях Ленинградской области (ПЭП 2, ПЭП 18, ПЭП 27, ПЭП 28) (Вишнякова, Сеферова, Никишкина, 2002). Все эти образцы характеризуются слабой фотопериодической чувствительностью и способны в условиях Пушкинских лабораторий ВИР формировать выполненные семена.

С 1999 по 2013 гг. посевы образцов сои проводили в оптимальный срок, в последней декаде мая. Ранние посеы в первую-вторую декаду мая были выполнены в 1999, 2000, 2002–2006, 2012, 2013 гг. Учащенные посеы выполняли с 10 мая по 6 августа (в 2012 г.) и с 13 мая по 29 июля (в 2013 г.) с интервалом 3–7 дней. Начиная с посева 12 июля в 2012 г. и 27 июля в 2013 г. цветения успевали достичь не все образцы. Анализировали данные только для вариантов, в которых зацветали все образцы: 15 посевов в 2012 г. и 11 в 2013 г. Всего в анализ было включено по 45 опытов для каждого образца.

Исследовали влияние на продолжительность межфазных периодов температуры воздуха, количества осадков, длины светового дня, даты посева. Используются данные метеостанции Пушкинских лабораторий ВИР. Для каждого образца определяли продолжительность двух межфазных периодов: посев-всходы и всходы-цветение. Для этих периодов рассчитывали сумму среднесуточных температур и среднюю температуру за период, сумму осадков и среднее количество осадков за сутки. Учитывали длину светового дня и температуру начала прорастания и цветения и рассчитывали среднюю длину дня межфазных периодов. Эти же характеристики рассчитывали для периодов различной продолжительности после посева и появления всходов (10, 20, 30, 40, 50, 60 дней) и за 10 и 20 дней перед началом цветения. Температурный минимум (T_0) межфазного периода и сумму эффективных температур ($const$) рассчитывали для каждого образца как коэффициенты регрессии сумм температур за соответствующий межфазный период ($\sum T$) от продолжительности периода (L) (Шиголев, 1951; Новикова и др., 2013):

$$\sum_L T = const + T_0 L(1)$$

Сравнение средних характеристик образцов проводили методом дисперсионного анализа; зависимости от внешних факторов исследовали методами корреляционного анализа и регрессионного анализа с последовательным включением переменных. Обработку данных проводили в пакете StatsoftStatistica 6. 0 при 5% уровне значимости.

Результаты и обсуждение

Исследуемый период 1999–2013 гг. предоставил широкий диапазон условий тепло- и влагообеспеченности периода посев-цветение сои при полевом изучении на территории Пушкинских лабораторий ВИР. В таблице 1 представлены показатели за 1999–2011 гг. (в которые проводилось многолетнее

изучение образцов) и за 2012 и 2013 гг. (в которые были проведены учащенные посевы). Среднемесячные температуры мая, июня, августа 2013 г. были максимальными за период 1999–2013 гг., июля – выше среднеголетних.

Таблица 1. Тепло- и влагообеспеченность полевых сезонов 1999–2013 гг. (Пушкинские лаборатории ВИР)

Показатель	Годы				
	1999–2011			2012	2013
	Среднее	Минимум	Максимум		
Т май, °С	11,4	8,0	12,9	13,5	16,3
июнь, °С	16,1	12,9	20,6	16,3	21,6
июль, °С	20,0	17,4	23,6	20,6	20,7
август, °С	17,0	15,3	18,8	17,3	19,5
сентябрь, °С	11,9	9,6	13,7	13,4	12,2
Р май, мм	46,1	10,7	77,9	43,6	80,3
июнь, мм	77,3	42,1	145,9	67,7	55,8
июль, мм	69,8	21,4	149,6	39,5	90,8
август, мм	72,7	9,1	151,0	162,4	93,6
сентябрь, мм	57,4	18,6	89,1	86,2	33,8
Дата устойчивого весеннего перехода температур через 10°С	4 мая	19 апреля	26 мая	27 апреля	29 апреля
Сумма температур выше 10°С	2328	1944	2689	2625	2745

Условные обозначения: Т – среднемесячная температура воздуха; Р – сумма осадков

Таблица 2. Продолжительность периодов посев-всходы и всходы-цветение скороспелых образцов сои (Пушкинские лаборатории ВИР, 1999–2013 гг.)

Сорт, образец	Посев-всходы, дни			Всходы-цветение, дни		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
ПЭП 28	11	5	27	35	26	49
ПЭП 18	10	4	25	36	31	49
Светлая	10	3	27	37	27	52
ПЭП 2	10	4	25	37	29	49
ПЭП 27	11	5	27	38	30	52
Fiskeby 1040-4-2	11	4	27	40	24	56
Окская	11	3	27	41	27	59
Алтом	10	4	21	44	35	55
KG-20	10	5	19	46	24	64

Осадки в 2013 г. были немного выше, чем средние за период 1999–2011 гг. Летние учащенные посевы 2012 и 2013 гг. предоставили высокие, не встречавшиеся ранее температуры в период посев-всходы и высокие температуры при большом количестве осадков в период всходы-цветение.

Длина светового дня в начале появления всходов варьировалась от 17 часов до 18 часов 30 минут, а в начале цветения – от 13 часов до 18 часов 30 минут.

Для весенних посевов за время с 1999 до 2013 г. произошло сокращение периода посев-всходы на 1–2 дня. Достоверной тенденции изменения продолжительности периода всходы-цветение за время наблюдений выявлено не было. Продолжительность межфазных периодов посев-всходы и всходы-цветение при весенних посевах приведена в таблице 2.

Посев-всходы

Продолжительность периода посев-всходы составляла от 3 до 27 дней. Анализ объединенных данных многолетнего опыта и опыта с учащенными посевами показал, что средняя температура периода варьировалась от 10 до 26°C, количество осадков – от 0 до 6,5 мм в сутки.

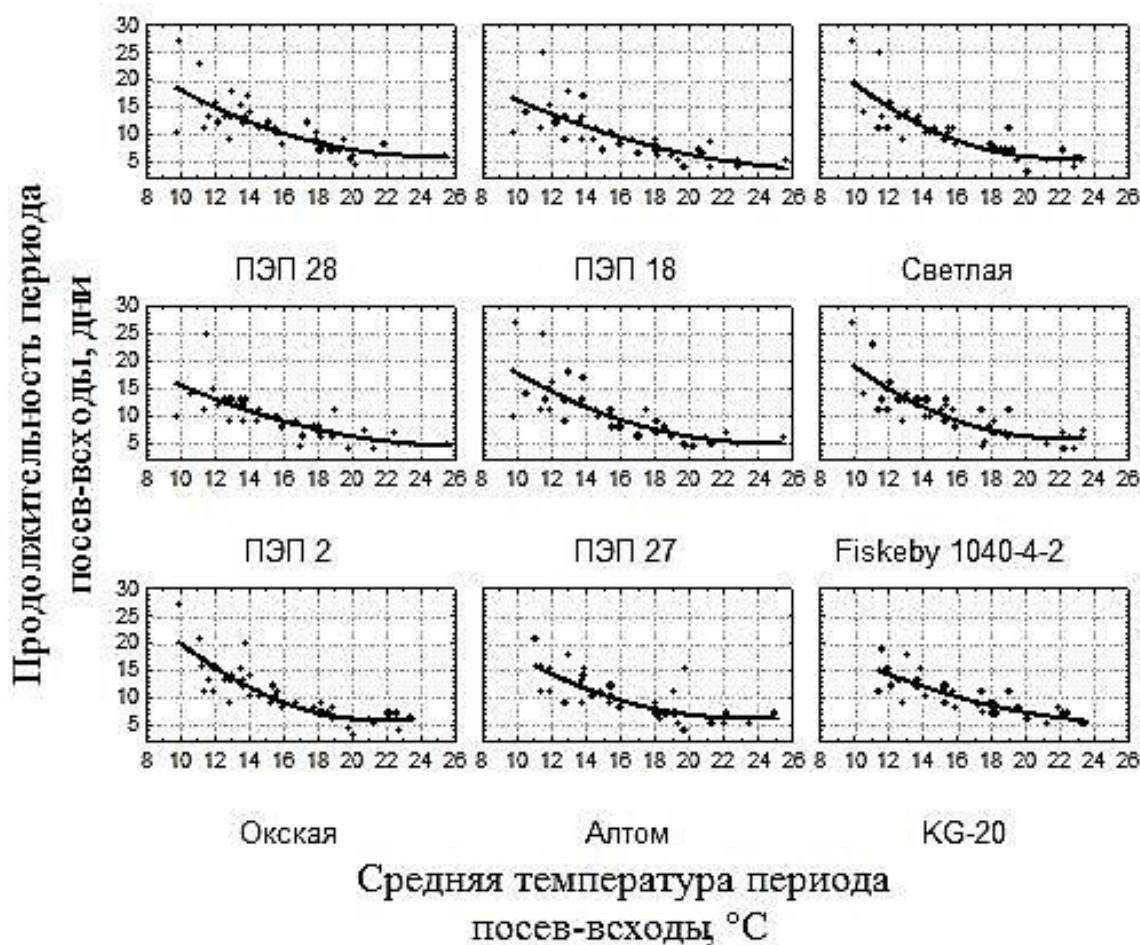


Рис. 1. Зависимость продолжительности периода посев-всходы образцов сои от средней за период температуры воздуха

Реакция на факторы среды периода посев-всходы была одинаковой у всех образцов (как отдельно по вариантам опыта, так и по всей совокупности наблюдений) (рис. 1). Ускорение появления проростков при увеличении

температуры на 1°C в интервале 10–19°C составляло от 1,4 до 1,0 дня, а в интервале 19–26°C практически отсутствовало, так как при температуре выше 19°C прорастание происходило за минимально возможное время (3–5 дней). Недостаток влаги замедлял появление всходов.

Продолжительность периода посев-всходы ($L_{п-в}$) в наибольшей степени коррелировала со средней температурой за этот период ($r = -0,73 \div -0,82$). Зависимость $L_{п-в}$ от температуры имела нелинейный характер и была аппроксимирована параболой, что достаточно обычно для такой связи (Подольский, 1974). Из характеристик увлажнения наибольшую связь с $L_{п-в}$ показало количество осадков за период пять дней до и после посева ($r = -0,38 \div -0,40$). По средним значениям показателей, рассчитанным по изученному набору образцов, была построена регрессионная модель зависимости $L_{п-в}$ от средней за период температуры ($T_{п-в}$) и осадков за период пять дней до и после посева ($P_{5п5}$):

$$L_{п-в} = 36,53 - 2,18T_{п-в} + 0,04T_{п-в}^2 - 0,80P_{5п5} \quad R^2 = 0,70$$

Здесь R^2 – коэффициент детерминации уравнения.

По формуле (1) был рассчитан температурный минимум периода посев-всходы (использованы данные опытов с $T_{п-в} \leq 19^\circ\text{C}$):

$$\Sigma T_{п-в} = 69,73 + 7,79L_{п-в} \quad R^2 = 0,81$$

Таким образом, биологический минимум температуры периода посев-всходы составил 7,8°C, а сумма эффективных температур – 69,7°C.

Нижним температурным пределом для нормального прорастания семян сои является температура около 10°C (Енкен, 1959; Клюка, 1990; Заостровных, Дубовицкая, 2003). Повышение температуры воздуха выше 20,6°C у одних сортов не приводило к сокращению периода посев-всходы (Енкен, 1959), а у других заметное ускорение прорастания происходило даже в интервале температур от 20 до 30°C (Delouche, 1953, цит. по Терентьева и др., 1984). Это указывает, что среди сортов культурной сои имеются различия по реакции на температуру на стадии прорастания. Полученные нами результаты позволяют считать, что все включенные в исследование образцы сои имеют низкие температурные потребности на этой стадии.

Всходы-цветение

По продолжительности периода всходы-цветение ($L_{в-ц}$) из изученного набора образцов можно выделить две группы, средние значения в которых достоверно не отличаются друг от друга, но отличаются от значений каждого образца другой группы. Через 35–37 дней после прорастания (в среднем) зацветают образцы ПЭП 28, ПЭП 18, ‘Светлая’, ПЭП 2. За больший промежуток времени, через 44–46 дней, зацветают ‘КГ-20’ и ‘Алтом’. Промежуточное положение между выделенными группами занимают ПЭП 27, Fiskeby 1040-4-2, ‘Окская’, по продолжительности периода всходы-цветение достоверно не отличающиеся ни от одного образца (табл. 2).

Средняя температура периода всходы-цветение при весенних посевах варьировалась от 15 до 22°C и при более высоких температурах продолжительность периода всходы-цветение была меньше во всех вариантах опыта (рис. 2). При средних температурах 17–19°C все изученные образцы имели $L_{в-ц}$ 30–32 дня. При более высокой средней температуре (21–22°C) образцы Fiskeby 1040-4-2, KG-20, ПЭП 28 и сорта 'Окская' и 'Светлая' зацвели за более короткий период (24–28 дней), а остальные образцы заметно не ускорили переход к цветению.

Значение корреляции $L_{в-ц}$ со средней температурой за этот период различалось по образцам ($r = -0.30 \div -0.77$). Осадки больше 4 мм в сутки (в среднем за период) замедляли начало цветения.

В опытах по оценке фотопериодической чувствительности сои, проведенных в условиях Пушкинских лабораторий ВИР (Сеферова, Кошкин, 2004), при выращивании при коротком (12-ти часовом) световом дне образцы сои зацветали раньше, чем на естественном световом дне. Для образца KG 20 разница в продолжительности периода всходы-цветение составляла 7 дней, для ПЭП 27 и ПЭП 28 – 6 дней, а для ПЭП 18 и сорта 'Светлая' от 4 до 5 дней. В наших опытах с посевом во вторую половину лета ускорения развития с сокращением длины светового дня отмечено не было, что может объясняться тормозящим влиянием наблюдавшихся в начальный период роста избыточно высоких температур, что отмечалось и в работе В. Б. Енкена (1959).

По средним значениям показателей, рассчитанным по изученному набору образцов, была построена регрессионная модель варьирования $L_{в-ц}$ от средних характеристик тепло- и влагообеспеченности, в которой нашли отражение отмеченные особенности:

$$L_{в-ц} = 79,29 - 2,61T_{в-ц} + 0,02T_{в-ц}^2 + 0,43P_{в-ц} \quad R^2 = 0,50$$

Здесь $T_{в-ц}$ – средняя температура за период всходы-цветение; $P_{в-ц}$ – среднее количество осадков за сутки периода всходы-цветение.

По формуле (1) был рассчитан температурный минимум периода всходы-цветение. Для расчета использовали опыты, в которых продолжительность периода регулировалась в основном температурами, то есть средние за период температуры не превышали 19°C и количество осадков было меньше 4 мм в сутки:

$$\Sigma T_{в-ц} = 213,20 + 12,10L_{в-ц} \quad R^2 = 0,59$$

Таким образом, температурный минимум (в среднем для изученных образцов) составил 12,1°C, сумма эффективных температур 213,2°C. Значения температурных минимумов периодов посев-всходы и всходы-цветение в данном исследовании оказались выше, полученных ранее (Новикова и др., 2013), но являются более точными, так как из расчетов убраны высокие температуры, при которых продолжительность периодов не регулируется ростом температур.

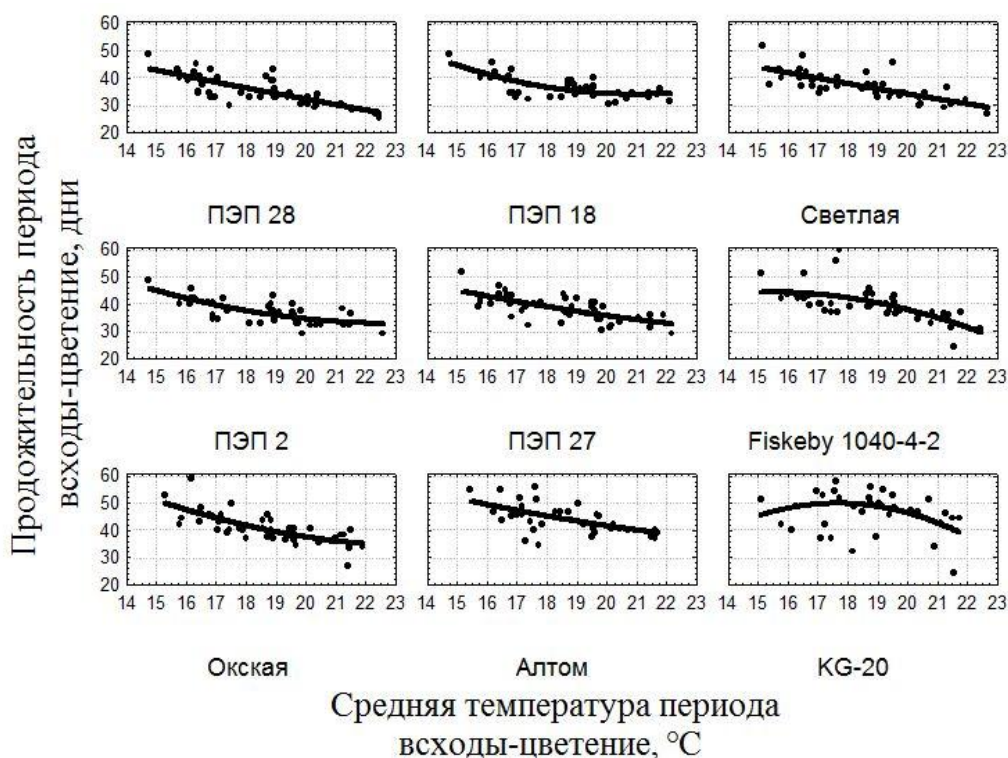


Рис. 2. Зависимость продолжительности периода всходы-цветение у образцов сои от средней за период температуры воздуха

По температурному минимуму и сумме эффективных температур, необходимых для начала цветения, образцы различались между собой. У рано зацветающих образцов (ПЭП 2, ПЭП 18, ПЭП 28, 'Светлая') температурный минимум колебался в интервале 9–11°C, а у зацветающих в более поздние сроки (KG-20, 'Алтом') – в интервале 13–15°C. Промежуточные значения температурного минимума (11–12°C) были выявлены у образцов ПЭП 27, Fiskeby 1040-4-2 и у сорта 'Окская'. Корреляция между средней по опытам продолжительностью периода всходы-цветение образцов и температурным минимумом была высокой ($r = 0,84$).

Считается, что большинство сортов сои может цвести только при температуре выше 17°C, а отдельные, более холодоустойчивые формы, при 13–15°C (Степанова, 1972; Сичкарь, 1984). Указывается, что в интервале от этой температуры до 30°C и выше начало цветения ускоряется (Клюка, 1990; George Thomas et al., 1990; Gass et al., 1996; Wang et al., 1998). В наших опытах образцы зацветали при температурах от 11 до 29°C и достигали наименьшей продолжительности периода всходы-цветение уже при средних температурах от 19 до 21°C. Это показывает, что они в целом характеризуются низкой температурной требовательностью при прохождении вегетативной стадии.

Заключение

В условиях полевого опыта на Северо-Западе РФ главным фактором, регулирующим продолжительность периодов посев-всходы и всходы-цветение

скороспелых образцов сои, является средняя температура этих периодов. С ростом средней за период температуры от 9°C до 19°C продолжительность периодов посев-всходы и всходы-цветение сокращается. При более высоких температурах продолжительность периода посев-всходы становится постоянной у всех, а периода всходы-цветение – у большей части образцов. Выявлена высокая корреляция между рассчитанным температурным минимумом образцов и продолжительностью периода всходы-цветение.

Вторым по значимости фактором, определяющим продолжительность периодов посев-всходы и всходы-цветение, является количество осадков. Отсутствие осадков в период пяти дней до и после посева замедляет прорастание. Избыток осадков в период всходы-цветение (в среднем более 4 мм в сутки) задерживает начало цветения.

Литература

- Вишнякова М. А., Сеферова И. В., Мисюрин Т. В.* Развитие идей Вавилова о расширении пределов земледелия на примере сои // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы. II Вавиловская Международная конференция, 26-30 ноября 2007 г. Тезисы докладов. СПб., 2007. С. 11–13.
- Вишнякова М. А., Сеферова И. В., Никишкина М. А.* Селекционная ценность экспериментальных популяций сои, адаптированных к условиям Северо-Запада РФ // Депонирована во ВНИИ информации и технико-экономических исследований АПК. № 61 ВС. 2002. 12 с.
- Енкен В. Б.* Соя. М., 1959. 622 с.
- Заостровных В. И., Дубовицкая Л. К.* Вредные организмы сои и система фитосанитарной оптимизации ее посевов. Новосибирск, 2003. 528 с.
- Клюка В. И.* Оптимизация температурного фактора для выращивания масличных растений в условиях фитотрона // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В. С. Пустовойта Россельхозакадемии. 1990. Вып. 3. № 110. С. 35–40.
- Мищенко З. А.* Агроклиматология. Киев: изд. КНТ, 2009. 512 с.
- Новикова Л. Ю., Дюбин В. Н., Лоскутов И. Г.* и др. Анализ динамики хозяйственно ценных признаков сортов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. СПб., 2013. Т. 173. С. 102–119.
- Подольский А. С.* Фенологический прогноз (математический прогноз в экологии). 2-е изд., доп. и перераб. М., 1974. 287 с.
- Сеферова И. В., Кошкин В. А.* Зависимость скорости развития, высоты и семенной продуктивности сои от фотопериода // Годичное собрание общества физиологов растений России. Междунар. конф. «Проблемы физиологии растений Севера», Петрозаводск, 15-18 июня 2004 г. Тез. докл. Петрозаводск, 2004. С. 168.
- Сеферова И. В., Мисюрин Т. В., Никишкина М. А.* Эколого-географическая оценка биологического потенциала скороспелых сортов и осевление сои //

Сельскохозяйственная биология. Науч.-теорет. журн. Сер. «Биология растений». 2007. № 5. С. 42–47.

Сичкарь В. И. О холодоустойчивости растений сои // Сельскохозяйственная биология. Науч.-теорет. журн. 1984. № 6. С. 11–15.

Степанова В. М. Биоклиматология сои. Л., 1972. 123 с.

Терентьева И. Н., Баранов В. Ф., Суетов В. Ф. Требования к факторам жизни // Соя. М., 1984. С. 40–56.

ШигOLEV А.А. Руководство для составления фенологических прогнозов (озимая рожь, озимая пшеница, яровая пшеница, плодовые культуры, древесные растения лесных насаждений). М.–Л., 1951. Вып. 15. 44 с.

Щелко Л. Г. Соя // В кн.: Теоретические основы селекции. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур. СПб., 1995. Т. 3. С. 196–322.

Gass T., Schori A. et al. Cold tolerance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) during the reproductive phase // European Journal of Agronomy. 1996. V. 5. Issues 1–2. P. 71–88.

George T., Bartholomew D. P., Singleton P. W. Effect of temperature and maturity group on phenology of field grown nodulating and nonnodulating soybean isolines // Biotronics: reports of Biotron Institute, Kyushu University. 1990. V. 19. P. 49–59.

Wang Z., Reddy V. R. Short-term exposure to low temperature affects growth and development of soybean grown in increasing and decreasing daylengths // Biotronics: reports of Biotron Institute, Kyushu University. 1998. V. 27. P. 21–31.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА В ОРГАНИЗАЦИИ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ СОЗДАНИИ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

А. М. Тысленко¹, С. Е. Скатова²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа, Владимир, Россия, e-mail: tslo@bk.ru

²Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Суздаль, Россия, e-mail: skatova05@mail.ru

Резюме

С 2003 года проведено масштабное изучение исходного материала ярового тритикале различного эколого-географического происхождения с целью развертывания селекционной работы с этой культурой в Нечерноземной зоне России. Оценивали образцы и популяции из коллекций и питомников СИММУТ (Мексика), ВИР, Краснодарского НИИСХ им. П. П. Лукьяненко и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». В организации селекционного процесса использовали экологический принцип: выявление требуемых источников, изучение популяций и созданных селекционных линий происходило параллельно в нескольких пунктах, различающихся по экологическим условиям. В итоге четыре сорта ярового тритикале включены в Государственный реестр.

Ключевые слова: яровой тритикале, селекция, сорт, экология, адаптация, устойчивость, продуктивность.

USING THE ECOLOGICAL PRINCIPLE IN THE ARRANGEMENT OF BREEDING PROCESS TO DEVELOP SPRING TRITICALE CULTIVARS

A. M. Tyslenko¹ & S. E. Skatova²

¹All- Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat, Vladimir, Russia, e-mail: tslo@bk.ru,

²Vladimir Research Institute of Agriculture, Suzdal, Russia, e-mail: skatova05@mail.ru

Summary

Since 2003, a large-scale study of spring triticale source material of different ecogeographic origin was carried out to launch the breeding work with this crop in the non-black-soil zone of Russia. Accessions and populations from the collections and nurseries of CIMMYT (Mexico), Vavilov Institute, Krasnodar Agricultural Research Institute and Science and Production Centre for Agriculture (Belarus) were evaluated. The breeding process was arranged according to the ecological principle: identification of the required sources and the study of hybrid populations and the developed breeding lines were done concurrently at several sites under different environmental conditions. As a result, four cultivars of spring triticale have been included in the State Register.

Keywords: triticale, source material, breeding, cultivar, ecology, adaptation, resistance, productivity.

Введение

Кормовая база животноводства невозможна без использования высокопродуктивных кормовых культур, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим и технологическим условиям выращивания. Среди зерновых культур большой интерес в кормопроизводстве Центра Нечерноземной зоны представляет собой яровое тритикале (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus).

Тритикале, занимая определенную нишу в структуре посевных площадей, расширяет биоразнообразие, повышая тем самым устойчивость растениеводства. В Центральных районах Нечерноземной зоны РФ (ЦРНЗ), как показывает накопленный нами опыт, яровое тритикале, благодаря своей устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам, способности произрастать в менее благоприятных почвенных условиях, дает стабильные и высокие урожаи по сравнению с яровыми колосовыми культурами (Тысленко и др., 2006; Скатова и др., 2011). Внедрение этой культуры позволит повысить урожайность и стабилизировать производство зерна и кормов в зоне, расширить посевные площади путем введения в оборот «не пшеничных» почв, на 10–20% поднять продуктивность животноводства, улучшить экологию среды за счет снижения пестицидной нагрузки.

Выращивание яровой тритикале пока еще сопровождается определенными трудностями. Они связаны, прежде всего, с очень быстрым продвижением этой культуры в производство, из-за чего оказались недоработанными вопросы технологического сопровождения, методики государственного сортоиспытания. Внедрение новых сортов ярового тритикале затруднено также отсутствием достаточного количества семян, особенно первой репродукции. Изношенность сортировально-сушильного оборудования, малые его мощности вынуждают хозяйства работать в фуражном режиме подработки зерна, что осложняет, особенно в годы с «сырой уборкой», получение кондиционных семян. Все это, в итоге, сдерживает расширение площадей яровой тритикале.

Материалы и методы

До начала XXI века сортов ярового тритикале в России не было. Учеными Владимирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ВНИИСХ, г. Суздаль) и Всероссийского научно-исследовательского института органических удобрений и торфа (ВНИИОУ, г. Владимир) в 2003 году начаты поисковые работы по селекции этой культуры. В качестве исходного материала были привлечены номера Международного центра улучшения пшеницы и

кукурузы (СИММУТ, Мексика), представленные линиями и популяциями сложного гибридного происхождения, которые изучали параллельно в Суздале (среднесуглинистые серые лесные почвы) и во Владимире (почвы легкие дерново-подзолистые). Номера питомника отбора (ITSN) высевали по типу селекционного питомника на однорядковых метровых делянках, без повторности, питомника испытания (ITYN) – на метровых шестирядковых делянках, при двукратной повторности. По рекомендации СИММУТ по 5-ти балльной шкале оценивали признаки: продолжительность периода всходы-колошение, высота растения, продуктивность, качество зерна, общая агрономическая оценка. В зависимости от условий года добавляли любые другие оценки, например, устойчивость к полеганию.

С 2005 года сотрудничество по селекции яровой тритикале было налажено с ВИР, с 2007 – с РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» и Краснодарским НИИСХ им. П. П. Лукьяненко, откуда поступали образцы для экологического сортоиспытания и гибридные популяции для отбора.

В основу построения селекционного процесса был положен экологический принцип: выделение и создание новых генотипов, их совместное параллельное испытание в максимально разнообразных экологических условиях, различающихся по характеристикам почвы, погоды, климату и технологии возделывания. Экологическая селекция обеспечивает высокую эффективность работы при наименьших затратах. Одновременная оценка селективируемого материала в разных условиях, а также проведение отборов при различных нагрузках факторов среды не только ускоряет селекционный процесс, но и способствует созданию сортов с высокой экологической пластичностью. Применительно к тритикале селекция в разнообразных условиях позволяет в какой-то мере компенсировать филогенетическую молодость этой культуры, короткий период действия естественного и искусственного отборов.

Селекционная работа с яровым тритикале проводилась по полной схеме, типичной для самоопыляющихся зерновых культур, начиная с выделения и создания исходного материала. Основной метод селекции при работе и с линиями, и с популяциями – повторяющийся индивидуальный отбор в связи с длительным процессом расщепления и довольно высоким уровнем перекрестного опыления, свойственного этой культуре. В селекции на качество зерна и устойчивость к прорастанию этот метод дополняли массовым отбором. С 2011 года, когда были созданы в той или иной мере адаптированные к местным условиям и дошедшие до конкурсного сортоиспытания носители ценных признаков с максимальным набором других положительных качеств, проводили внутривидовую гибридизацию созданных экологически отдаленных форм.

Всего за период с 2003 по 2013 гг. на различных этапах селекционного процесса находилось свыше 30 тыс. образцов ярового тритикале. Изучение материала проводили по указаниям СИММУТ для образцов, поступивших из

Мексика. На остальных этапах селекции – по методикам ВИР (1999 г.) и государственного сортоиспытания (1991 г.).

Результаты и обсуждение

Результаты первых лет работы с яровым тритикале показали его перспективность для использования в ЦРНЗ России. Культура оказалась вполне конкурентоспособной по отношению к яровой пшенице при выращивании на серых лесных почвах опытного поля Владимирского НИИСХ и ко всем другим зерновым культурам на легких землях ВНИИОУ (табл. 1), что подтверждает ее высокий адаптационный и урожайный потенциал.

Таблица 1. Урожайность зерновых культур на супесчаной дерново-подзолистой почве ВНИИОУ, (средняя за 2008–2013 гг.)

Культура	Сорт	Урожайность, т/га	Отклонения от тритикале	
			т/га	%
Яровое тритикале	Гребешок	3,6	-	100
Озимая рожь	Память Кондратенко	2,9	- 0,7	-19
Яровая пшеница	Лада	2,1	- 1,5	- 42
Овес	Друг	2,5	- 1,1	- 30
Ячмень	Зазерский 85	2,8	- 0,8	- 22

Материал, поступивший из СИММУТ, был представлен формами, разнообразными по морфологии, продуктивности, устойчивости к болезням, полеганию, качеству зерна, по реакции на погодные факторы, типы почв, отзывчивость к факторам интенсивных технологий. Хотя материал создавали в климатических условиях Мексики и Средиземноморья, отличных от условий Центра России, в нем была выявлена большая доля ценных форм и для ЦРНЗ РФ. Например, в присланных наборах ярового тритикале от 17,2 до 79,5% образцов превосходили по продуктивности районированные сорта яровой пшеницы. Более того, среди образцов СИММУТ были носители таких ценных качеств, как короткостебельность, устойчивость к полеганию, раннее или одновременное с яровой пшеницей созревание, крупнозерность, масса 1000 семян до 60 г, многозерность колоска, большое число зерен в колосе. Подавляющее большинство образцов обладало устойчивостью к различным видам ржавчины, мучнистой росе. Был представлен широкий спектр устойчивости к септориозу листа и колоса, в том числе встречались формы с высокой устойчивостью.

Весь интродуцированный материал был в большей или меньшей степени фенотипически неоднородным, причем практически по всем селекционно-значимым признакам.

В генофонде СИММУТ была невелика доля форм с выполненным зерном. Натура зерна и его органолептические характеристики только у единичных номеров ярового тритикале СИММУТ приближались к яровой пшенице, хотя стекловидность зерна, как правило, была выше. Все без исключения мексиканские образцы прорастали на корню сильнее, чем яровая пшеница. Устранению этих недостатков приходилось уделять особое внимание в процессе отборов.

Наиболее трудным, но необходимым направлением работы для ЦРНЗ является селекция ярового тритикале на скороспелость (Гриб, 2003). Формы, созревающие одновременно с яровой пшеницей и не затягивающие вегетацию в ответ на сырую, прохладную погоду, среди исходного материала СИММУТ встречались реже, чем формы с другими хозяйственно-важными признаками: от 1,7 до 30 %, в зависимости от условий года изучения и присланного набора.

К сожалению, все скороспелые образцы ярового тритикале СИММУТ, созревавшие одновременно или даже на день раньше яровой пшеницы, в местных условиях были либо низкопродуктивными, либо имели какие-то другие нежелательные свойства. Чаще всего это были очень короткий стебель или восприимчивость к болезням. Учитывая невозможность резкого изменения генотипов тритикале в сторону еще большего сокращения вегетационного периода растений, было принято компромиссное решение. До выявления в гибридах желаемых трансгрессий отбирали растения (генотипы), созревающие, в зависимости от условий года, на 4–9 дней раньше, чем допущенный к использованию по Центральному региону белорусский сорт 'Ульяна'.

Скороспелые образцы ВИР ('Скорый', 'Скорый 2'), как и гибриды, полученные в ВИР с целью селекции на скороспелость, в условиях Владимирской области имели невысокую продуктивность колоса и сильно полегали. В процессе повторяющихся отборов устойчивость к полеганию этого материала постепенно повышалась. Также постепенно увеличивалась продуктивность популяций.

Краснодарский исходный материал имел большой диапазон варьирования по продолжительности вегетации и высокий потенциал продуктивности. Среди него преобладали формы с зерном пшеничного типа и высокой его натурой, но с недостаточной устойчивостью к прорастанию зерна в колосе. Устойчивость к полеганию колебалась по годам. Она была высокой в годы с преобладанием ясной погоды в мае. В пасмурную погоду прочность стебля снижалась, у ряда номеров формировался неустойчивый к полеганию стебель, который мог выдержать колос только при двух-трехкратном снижении посевной нормы. В среднем образцы Краснодарского НИИСХ уступали мексиканским по засухоустойчивости, однако значительный потенциал продуктивности делал их конкурентоспособными по урожайности даже в засуху. Устойчивость образцов к болезням была высокой.

Все белорусские сорта и популяции, в том числе и используемый нами как стандарт в экологическом сортоиспытании сорт 'Узор', сочетали высокий

потенциал продуктивности с позднеспелостью. Они представляли собой более или менее выраженный западноевропейский экотип, были отзывчивы на агрофон. В начале нашей совместной работы преобладали формы с морщинистым зерном и с низкой натурой зерна. Эти негативные свойства год от года устранялись. Устойчивость к засухе была выше, чем у краснодарского материала, но в целом проигрывала по устойчивости материалу СИММУТ. Лишь небольшое число образцов не поражалось ржавчинами.

Для выращивания ярового тритикале в ЦРНЗ нужно было получить сорт, выносливый к периодически повторяющимся засухам на разных фазах развития растений, в холодные годы способный созревать до осенних дождей, устойчивый к полеганию и прорастанию зерна на корню, толерантный к наиболее распространенным болезням (виды ржавчины, мучнистая роса, септориозная инфекция, спорынья). Невозможность сочетания в одном сорте высокого потенциала для возделывания по интенсивной технологии с выносливостью к бедным, легким и кислым почвам требует создания (формирования) сортов различного агрономического типа для товаропроизводителей, различающихся по техническому и технологическому уровням ведения хозяйства.

Высокий адаптационный потенциал исходного материала ярового тритикале, поступившего из Мексики, способность его конкурировать по продуктивности с яровой пшеницей, а также большое число носителей признаков, пригодных для возделывания в регионе, делали его перспективным для вовлечения в селекционный процесс с целью создания новых сортов. Высокая гетерогенность образцов, выявляемая нетипичными для них условиями выращивания, склонность культуры к перекрестному опылению, усиливающаяся под влиянием экстремальных условий среды, создавали основу для естественного формообразовательного процесса и позволили применить в селекции культуры прямой отбор, который привел к желаемым результатам. Этим методом было получено большинство наших сортов ярового тритикале.

Сорт 'Гребешок' (ВИР, ВНИИСХ, Э. Ф. Ионов, допуск – 2011 г. по Центральному и Северо-Западному регионам РФ) выделен А. Ф. Мережко индивидуальным отбором из мексиканского образца к-3503. Этот сорт превысил исходную форму в среднем за два года по продуктивности на 19,0%, в среднем за три года он сформировал 5,47 т/га и превзошел сорт-стандарт 'Узор' на 28,4%. Отличается очень прочной соломиной, устойчивостью к полеганию, дает семена в условиях «сырой уборки».

Совместно ВНИИОУ и ВНИИСХ получены сорта 'Амиго' (допуск 2011 г. по Центральному региону РФ), 'Кармен', 'Квадро' (проходят государственное испытание с 2010 и 2014 г. соответственно). Они созданы методом массового отбора из номеров СИММУТ: № 25 питомника 35ITYN ('Амиго'), № 65 36ITSN ('Кармен'), № 60 36ITSN ('Квадро') и отличались следующими характеристиками. Продуктивность сорта 'Амиго' в среднем за два года превысила продуктивность исходного образца на 22,4%. По урожайности сорт

‘Амиго’ превзошел сорт яровой пшеницы ‘Лада’, использовавшийся в качестве стандарта (ввиду отсутствия на тот момент допущенных для выращивания в зоне сортов ярового тритикале) на легких почвах на 10,5%, на среднесуглинистых – 6,8%. По сравнению с исходной популяцией сорт ‘Кармен’ устойчив к бурой ржавчине, более высокорослый (на 8%), сохранил устойчивость к полеганию на уровне исходного образца. ‘Квадро’ от исходной формы отличается более коротким стеблем (на 4–6 см) и увеличенной продуктивностью (на 20%).

Сорта ‘Память Мережко’ (на государственном испытании был с 2009 г., в настоящее время снят), ‘Норманн’ (допуск к использованию 2012 г. по Центральному и Северо-Западному регионам РФ), ‘Аморе’ (передан на государственное испытание в 2014 г.) созданы в результате совместной селекции ВНИИСХ, ВНИИОУ и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Сорт ‘Браво’ передан на государственное испытание Республики Беларусь в 2014 г. совместно РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» и Владимирским НИИСХ. Все названные сорта получены индивидуальным отбором из номеров СИММУТ по колосу (‘Аморе’, ‘Браво’) или по растению (остальные сорта). При создании первых трех из указанных сортов индивидуальный отбор проведен во Владимирском НИИСХ. Экологическое изучение на разных этапах селекции проходило во ВНИИОУ и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Индивидуальный отбор (двукратный) при создании сорта ‘Браво’ был сделан в Беларуси. Во ВНИИСХ проходило экологическое изучение выделенных форм, начиная с селекционного питомника. Сорт ‘Браво’ интенсивный, урожайность в Беларуси – 7,13 т/га, прибавка к стандарту ‘Узор’ – 0,93 т/га.

В процессе создания сорта ‘Память Мережко’ длина стебля была сокращена на 11% по сравнению с исходной формой № 94 36ITSN, продуктивность повышена на 23,3%. Прибавка урожайности сорта ‘Память Мережко’ к стандарту ‘Ульяна’ при передаче на государственное сортоиспытание составила 0,78 т/га (16%). Сорт выделяется выносливостью к засухе в первой половине вегетации, конец мая – первая половина июня, часто наблюдающейся в ЦРНЗ и наиболее губительной. Он устойчив к прорастанию на корню, но восприимчив к спорынье.

Сорт ‘Норманн’ по сравнению с исходным мексиканским образцом более интенсивный. Его высота ниже на 9%, продуктивность выше на 19,4%. В отличие от № 10 36ITYN ‘Норманн’ устойчив к бурой ржавчине. Превышение над стандартом ‘Ульяна’ – 0,55 т/га (10,2%).

Новый сорт ‘Аморе’ выделен из № 816 38ITYN СИММУТ по скороспелости. Созревает на два дня раньше исходного образца, имеет небольшую (7%) прибавку продуктивности к нему. ‘Аморе’ низкорослый, как и сорт ‘Амиго’, и предназначен на смену этому сорту. Выгодно отличается от районированного сорта большей экологической пластичностью и стабильностью продуктивности в разных условиях выращивания. С урожайностью 4,08 т/га в среднем за три года он превысил урожайность сорта

‘Амиго’ на серых лесных почвах и легких дерново-подзолистых почвах на 0,20 и 0,21 т/га соответственно. Урожайность ‘Аморе’ за пять лет конкурсного испытания составила 4,27 т/га при урожайности лучшего районированного сорта ‘Ровня’ за этот период – 4,18 т/га.

Экологическая отдаленность изученного материала ярового тритикале предполагала результативность использования его в скрещиваниях. Работа с гибридными популяциями ярового тритикале, полученными в ВИР с привлечением мексиканских источников, начата Владимирским НИИСХ с 2006 г., а с 2007 г. проводятся отборы в популяциях Краснодарского НИИСХ и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию».

Методом гибридизации сортов мексиканской селекции ERIZO-15 × FАНАD-3 выведен высокопродуктивный, устойчивый к полеганию, прорастанию на корню, видам ржавчины, мучнистой росе, толерантный к септориозу сорт ‘Ровня’ (Краснодарский НИИСХ им. П. П. Лукьянко, ВНИИСХ, допуск с 2014 г. по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному регионам). Скрещивания и последовавшие затем два индивидуальных отбора проведены в Краснодарском НИИСХ. Во Владимирском НИИСХ популяция тритикале была улучшена по устойчивости к прорастанию зерна в колосе с помощью массового отбора.

Большой объем селекционной работы проделан с образцами и популяциями ярового тритикале РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Отрицательными их качествами, затруднявшими выделение необходимых генотипов, были позднеспелость, низкая натура зерна, восприимчивость к бурой и стеблевой ржавчинам. Продуктивность образцов Беларуси была высокой, особенно когда в популяциях одним из родителей служил сорт озимого тритикале. К передаче на государственное испытание подготовлен образец Т-373 (‘Золотой Гребешок’ × ‘Матейко’). Это высокорослая продуктивная форма, сохранившая прочность соломины, присущей сорту ‘Гребешок’. Ее отличительные особенности, наряду с высокой продуктивностью, – крупное с высокой натурой зерно и засухоустойчивость.

Использование экологического принципа организации селекции ярового тритикале, большой объем прорабатываемого материала позволили не только выделить исходный материал для селекции сортов этой культуры в ЦРНЗ, но создать и передать на государственные испытания девять новых сортов. В настоящее время допуск в производство получили четыре сорта, выведенных совместными усилиями селекционеров России и Беларуси.

Сорт ‘Гребешок’ среднеспелый, среднерослый, устойчивый засухе. По урожайности за последние три года он уступил белорусскому сорту ‘Лотас’ на 0,2 т/га (табл. 2). Положительными качествами для хозяйственного использования сорта ‘Гребешок’ являются устойчивость к прорастанию на корню (дает кондиционные семена в годы с «сырой уборкой») и высокая устойчивость к полеганию стебля, сохраняющего прочность при длительном перестое. Эти качества наиболее наглядно проявилось в 2012 г., когда при

сильном полегании посевов ярового тритикале, он единственный среди сортов не полег, а также в «сырую уборку» 2013 г., когда получить семена у сорта 'Лотас' не удалось. Сорт 'Гребешок' стабильно формировал зерно высокой натуры и довольно рано созревал, всего на шесть дней позднее среднеспелых сортов яровой пшеницы. Бурой и стеблевой ржавчинами практически не поражался.

Таблица 2. Результаты селекционной оценки сортов яровой тритикале в конкурсном сортоиспытании ВНИИСХ (средние за 2011–2013 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га	Вегетационный период, дни	Высота растения, см	Устойчивость к полеганию*, балл	Засухоустойчивость*, балл	Устойчивость к прорастанию зерна*, % проросших зерен	Поражение бурой ржавчиной*, %	Натура зерна, г/л
Гребешок	3,82	89	96	8,2	8,0	23,3	4	741
Лотас	4,02	93	100	7,2	7,6	47,0	30	653
Амиго	3,87	88	78	8,0	7,0	39,0	0	691
Норманн	4,45	91	83	7,5	7,9	39,3	0	704
Ровня	4,26	88	80	7,8	7,4	23,0	0	713

*в годы с проявлением признака

Сорт 'Амиго' интенсивного типа, отзывчивый на агрофон. На легких почвах наибольшую отдачу обеспечивал при дозах удобрений N₉₀₋₁₂₀, P₆₀₋₉₀, K₆₀₋₉₀. В среднем по двум пунктам изучения (ВНИИСХ и ВНИИОУ) он превысил по урожайности на 0,47 т/га яровую пшеницу и на 0,41 – ячмень. Его урожайность как во ВНИИСХ, так и во ВНИИОУ находилась на уровне сорта (табл. 3). 'Амиго' – наиболее низкорослый из рассматриваемых сортов (66–101 см) и менее других вынослив к засухе. Он устойчив к полеганию, вынослив к кислотности почвы. Созревал на день раньше сорта 'Гребешок'. Иммуничен к бурой и стеблевой ржавчинам. Выполненность зерна высокая.

Сорт 'Норманн' являлся наиболее интенсивным из всех сортов, представленных в таблице 2, и занял первое место по урожайности. Этот сорт отзывчив на агрофон, устойчив к полеганию, хорошо реагирует на высокие дозы азотных удобрений. Он выгодно отличается от предшествующего сорта данного агротипа 'Амиго' большей экологической пластичностью, формирует высокую урожайность в большем ареале: и на легких почвах ВНИИОУ, и на серых лесных почвах Владимирского ополья, и при выращивании по интенсивным технологиям в республике Беларусь. В качестве недостатков следует отметить его более продолжительный, по сравнению с сортом

‘Гребешок’, вегетационный период и склонность к прорастанию зерна на корню. В момент создания ‘Норманн’ был устойчив к ржавчинам, но в настоящее время в его посевах появились неустойчивые к стеблевой ржавчине растения, что требует семеноводческой работы.

Таблица 3. Хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов яровой тритикале (ВНИИОУ, средняя за 2011-2013 гг.)

Показатели	Сорта				
	Гребешок	Амиго	Норманн	Память Мережко	Кармен
Высота растения, см	90,0	74,0	86,0	85,0	89,0
Вегетационный период, дни	90,0	89,0	93,0	97,0	93,0
Урожайность, т/га	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5
Масса 1000 зерен, г	38,1	38,4	37,3	34,1	40,0
Натура зерна, г/л	685,0	660,0	643,0	655,0	661,0
Устойчивость к полеганию, балл (1–9)	07,9	8,0	7,5	7,0	7,6
Устойчивость к засухе, балл (1–5)	4,5	4,0	4,2	4,4	4,5

Сорт ‘Ровню’ выделяла высокая урожайность. В среднем за три года этот сорт превзошел районированный ‘Гребешок’ на 0,44 т/га. ‘Ровня’ – среднеспелый сорт, равный по продолжительности вегетационного периода ‘Амиго’, устойчив к полеганию, имеет высоту, промежуточную между сортами ‘Амиго’ и ‘Норманн’. Также как и ‘Гребешок’, ‘Ровня’ позволяет получать кондиционные семена в годы с «сырой уборкой». По отношению к влаге ‘Ровню’ ближе к сорту ‘Лотас’, чем к сорту ‘Норманн’, но высокий потенциал продуктивности позволяет ему и в засуху формировать высокий урожай.

Кроме сортов, внесенных в Государственный реестр, допущенных к использованию, на государственное испытание передавались сорта ‘Память Мережко’, ‘Кармен’, ‘Квадро’.

Создание сорта ‘Память Мережко’ позволило яровому тритикале сравняться по урожайности на серых лесных почвах с ячменем. При передаче на государственное испытание в 2006–2009 гг. сорт ‘Память Мережко’ с урожайностью 5,64 т/га превысил урожайность сорта ‘Гребешок’ на 5,8%, сорта ‘Ульяна’ – на 16,0%. Устойчивость этого сорта к полеганию, как у сорта ‘Лотас’. Сорт ‘Память Мережко’ отзывчив на агрофон, но не способен из-за полегания усваивать высокие дозы азота (N₉₀₋₁₂₀). Устойчивость сорта к прорастанию на корню выше средней, выделяется устойчивостью к майско – июньской засухе. Устойчив к бурой и стеблевой ржавчинам. С испытаний снят, поскольку продолжительность вегетации сорта не соответствовала требованиям, предъявляемым к сортам Центрального региона: сорт созрел на 4–8 дней позднее сорта ‘Гребешок’.

Сорт ‘Кармен’ был наиболее выносливым к экстремальным условиям, в том числе недостатку влаги и легким почвам. Выделялся засухоустойчивостью

на протяжении всей вегетации. На серых лесных почвах ВНИИСХ максимальная урожайность составила 6,2 т/га. За 2011–2013 гг. во ВНИИОУ средняя урожайность сорта ‘Кармен’ была 3,5 т/га, сорта ‘Ульяна’ – 3,0 т/га. Сорт ‘Кармен’ высокорослый, но его прочный стебель обеспечивал достаточную устойчивость к полеганию. Вместе с тем, во влажные годы он полегал и уступал сорту ‘Гребешок’ по урожайности. Сорт ‘Кармен’ среднеспелый, но в засуху, как это было в 2010 г., за счет лучшей засухоустойчивости он созрел на 2–6 дней позже влаголюбивых позднеспелых сортов.

Сорт ‘Квадро’ среднеспелый, длина вегетационного периода – 90–95 дней, устойчив к полеганию и грибным болезням. Урожайность на серых лесных почвах (ВНИИСХ) варьировала в пределах 3,6–5,6 т/га, на дерново-подзолистых (ВНИИОУ) – 3,5–4,8 т/га. Сорт отзывчив на высокие дозы удобрений.

По выполненности зерна сорта ‘Норманн’, ‘Амиго’ и ‘Ровня’ относились к сортам группы ‘Гребешок’: зерно выполненное, с высокой натурной массой. Сорта ‘Память Мережко’, ‘Кармен’, ‘Квадро’ имели морщинистое зерно, но его натура была на 38–50 г/л выше, чем у сорта ‘Лотас’.

Все сорта не поражались мучнистой росой, видами головни, стеблевой ржавчиной, они были высоко устойчивыми или иммунными к бурой ржавчине. Спорынья на их посевах имела слабое распространение и только в годы с экстремально жаркими условиями во время цветения. Наиболее высокая устойчивость к септориозу была присуща сортам ‘Память Мережко’, ‘Кармен’, ‘Ровня’.

Отрицательная корреляция между продуктивностью и продолжительностью вегетации преодолевалась трудно. У новых сортов большого сдвига в сторону ускорения развития по сравнению с исходными образцами не произошло, хотя все они, за исключением сорта ‘Памяти Мережко’, созревали раньше белорусских сортов ‘Ульяна’ и ‘Лотас’.

‘Кармен’, ‘Квадро’ выделялись засухоустойчивостью на всех фазах развития. К майско – июньской засухе более прочим был устойчив сорт ‘Память Мережко’. Более влаголюбивые ‘Ровня’ и ‘Норманн’ формировали высокую урожайность в условиях недостатка влаги за счет большего коэффициента хозяйственного использования.

Новые сорта представлены экотипами, различающимися по требованиям к условиям окружающей среды, в том числе технологическим. ‘Амиго’, ‘Норманн’, ‘Ровня’ – сорта интенсивного типа, отзывчивые на агрофон. ‘Гребешок’, ‘Память Мережко’, ‘Кармен’, ‘Квадро’ – полуинтенсивного типа. ‘Кармен’ и ‘Квадро’ лучше других выдерживают легкие и бедные почвы, ‘Амиго’ – почвы с повышенной кислотностью. Для зернокарморового использования наиболее подходят сорта ‘Амиго’ и ‘Норманн’, для приготовления сочных кормов – ‘Память Мережко’, ‘Кармен’ и ‘Квадро’. ‘Гребешок’ и ‘Ровня’ – сорта универсального назначения.

Повышенная устойчивость сортов к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды позволяла получать высокие урожаи культуры ежегодно, в том числе и в аномально засушливом 2010 г. В жестких условиях среды яровое тритикале превосходило по урожайности яровую пшеницу в два и более раза. Данный набор сортов ярового тритикале позволяет внедрять культуру на всех типах почв ЦРНЗ и охватить сортовым ассортиментом все агроэкологические ниши.

Заключение

Таким образом, построение селекции ярового тритикале по экологическому принципу позволило в короткие сроки (2003–2014 гг.) создать для европейской части Нечерноземной зоны России девять новых сортов этой культуры, из которых четыре получили допуск в производство (включены в Государственный реестр). Из их числа можно подобрать сорта для выращивания на любом типе почв и применительно к технологии любой интенсивности. Устойчивость к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды при правильной агротехнике гарантирует возможность сбора высоких урожаев культуры ежегодно, что позволяет повысить адаптивные возможности растениеводства зоны.

Литература

- Тысленко А. М., Скатова С. Е., Васильев В. В. Агроэкологическое испытание генофонда яровой тритикале международного центра по улучшению пшеницы и кукурузы СИММИТ в подзоне южной тайги РФ. Сб. Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах. Астана, 2006. С. 107–114.
- Скатова С. Е., Васильев В. В. Экологическая селекция зерновых культур во Владимирском НИИСХ // Владимирский земледелец. 2011. № 1. С. 13–15.
- Методические указания, пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. СПб., ВИР. 1999. 83 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва. Т. 1, 2. 1991.
- Гриб С. И. Результаты и актуальные направления селекции тритикале в Беларуси // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2003. № 1. С. 29–32.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В СУРОВЫЕ УСЛОВИЯ ГОРНОГО АЛТАЯ

Т. А. Стрельцова, А. А. Оплеухин, Н. А. Окашева
Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск.
Россия, e-mail: tomagorny@yandex.ru

Резюме

В статье проанализированы данные по исследованию экологической изменчивости хозяйственно-ценных признаков картофеля при интродукции в суровые условия Горного Алтая, полученные в результате многолетнего экологического сортоиспытания в зонах различной высотной поясности Республики Алтай. Был испытан 31 сорт картофеля разных групп спелости. Выделены сорта, наиболее подходящие для выращивания в районах испытания, проявившие высокие показатели продуктивности и стабильность в их проявлении при различных метеорологических условиях. В процессе анализа использованы методы, позволяющие оценить взаимодействие факторов и всех признаков, с последующей оценкой вариации отдельных признаков в зависимости от факторов среды.

Ключевые слова: картофель, экологическое сортоиспытание, низкогорье, среднегорье, высокогорье, биоресурс, изменчивость, адаптивность, хозяйственно-ценные признаки, варьирование.

RESEARCHING ECOLOGICAL VARIABILITY OF AGRONOMIC TRAITS IN POTATO VARIETIES WHEN THEY ARE INTRODUCED INTO SEVERE ENVIRONMENTS OF THE ALTAI MOUNTAINS

T. A. Streltsova, A. A. Opleukhin & N. A. Okasheva
Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russia,
e-mail: tomagorny@yandex.ru

Summary

This article analyzes the data of researching ecological variability of important agronomic traits in potato varieties introduced under the severe climate conditions of the Altai Mountains after several years of environmental variety trials in different altitudinal zones of the Altai Republic. The trials were performed for 31 potato cultivars of various maturity groups. They made it possible to identify varieties most suitable for cultivation in the areas of testing, with high levels of productivity and stable manifestation of this trait under different weather conditions. The analysis was based on the methods suitable for assessing the interaction between factors and all the traits, with consequent evaluation of variations in individual traits under different environmental factors.

Keywords: potato, environmental variety trials, highlands, biological resources, variability, adaptability, varietal traits variation, agronomically important traits.

Введение

Горный Алтай представляет собой регион со сложными условиями для выращивания картофеля. Экологические особенности этого региона имеют выраженный экстремальный характер, что обусловлено широким разнообразием климата горных территорий, входящих в состав региона как по количеству осадков и температурному режиму, так и по характеру почв (Сухова и др., 2007; Стрельцова, 2009; Стрельцова и др., 2014).

Лаборатория экологической генетики и селекции растений Горно-Алтайского госуниверситета в течение многих лет проводит экологические сортоиспытания обширных коллекций сортов картофеля, синхронно, в зонах разной высотной поясности. В результате накопился солидный материал по экологической изменчивости хозяйственно-ценных признаков интродуцируемых и вновь созданных высокоадаптивных сортов для выращивания в разнообразных и контрастных климатических условиях горных территорий (Менохов и др., 2008; Оплеухин и др., 2011; Оплеухин и др., 2012; Обухова и др., 2013; Оплеухин и др., 2013; Стрельцова, 2013; Стрельцова и др., 2014). При этом одни и те же сорта в различных по экологическим условиям пунктах по-разному реализуют свой генетический потенциал, а их клоны изменяют количественные и качественные показатели (Киру, 2007; Оплеухин и др., 2011; Оплеухин и др., 2013; Стрельцова и др., 2014).

Материалы и методы

Испытания проводили синхронно в зоне предгорья (полигон Майма), среднегорья (полигон Усть-Кокса) и высокогорья (полигоны Саратан и Малый Яломан). Пункты испытания имели существенные отличия по климатическим и почвенным условиям. Кроме того, годы испытаний значительно различались по метеорологическим условиям. В таблице приведена краткая характеристика почвенно-климатических и экологических условий проведения экспериментов в разных по высотной поясности пунктах испытания. Объектами исследования была коллекция из 31 сибирских и европейских генотипов картофеля разных групп спелости, испытанная в условиях разных экосистем горных территорий Республики Алтай: **ранние** – ‘Агата’ и ‘Артемис’ (Нидерланды), ‘Антонина’ и ‘Юбиляр’ (СибНИИСХиТ), ‘Белуха’, ‘Горец’, ‘Сувенир Горного Алтая’ (ГАГУ), ‘Любава’ (КемНИИСХ), ‘Пушкинец’ (СП ГАУ), ‘Радуга’ (Южно-Урал. НИИСХ) ‘Удача’ (ВНИИКХ); **среднеранние** – ‘Елизавета’, ‘Невский’ и ‘Рождественский’ (СЗНИИСХ), ‘Лина’ (СибНИИРС), ‘Томич’, ‘Памяти Рогачева’ (СибНИИСХиТ), ‘Сентябрь’ (СибНИИСХ), ‘Свитанок Киевский’ (Украина), ‘Удалец’ и ‘Тулеевский’ (КемНИИСХ); **среднеспелые** и **среднепоздние** – ‘Аспия’ (ВНИИКХ), ‘Кетский’ и ‘Накра’ (КемНИИСХ и СибНИИСХиТ), ‘Монастырский’ (ГАГУ), ‘Никулинский’ (СЗНИИСХ), ‘Самара’, ‘Балабай’, ‘Спиридон’ (Южно-Урал. НИИСХ), ‘Супериор’ (США), №

241 (ГАГУ и СибНИИРС) (Стрельцова, 2009; Стрельцова и др., 2010; Стрельцова и др., 2014).

При проведении экспериментов использовали отечественные и зарубежные методики исследования экологической и генотипической изменчивости количественных и других признаков. Изучение экологической изменчивости элементов продуктивности картофеля в зависимости от вертикальной зональности проводили путем экспедиционных, полевых и лабораторных исследований согласно «Методическим указаниям по экологическому сортоиспытанию картофеля» (1982), с привлечением и других современных методик (Методические рекомендации по проведению исследований с картофелем, 2002; Стрельцова и др., 2014).

Полевые опыты размещали синхронно по вертикальной зональности (площадь делянок 7,5 м, повторность 4-кратная, размещение рендомизированное). В течение трех лет (2006–2008 гг.) оценивали изменчивость следующих признаков: масса клубней с куста, число клубней с куста, средняя масса 1 клубня (крупность), высота растений, число стеблей на 1 куст, содержание крахмала, сухого вещества, аскорбиновой кислоты, нитратов, иммунитет и др.

Краткие сведения о пунктах испытания

Показатель	Майма низкогорье	Усть-Кокса среднегорье	Улаган высо- когорье
<i>Удаленность от Горно-Алтайска, км</i>	18	430	480
<i>Высота над уровнем моря, м</i>	350	1050	2050
Сумма активных температур >10°C /дней	2182/135	1550/107	1150/86
Число дней безморозного периода,	120	95	62
Количество осадков, мм:			
а) годовое	658	517	337
б) за вегетационный период	382	280	242
Почвы	горный луговой чернозем, оподзоленный	горный луговой чернозем, выщелоченный	горно- бурые лесные

При статистической обработке использовали иерархический дисперсионный анализ, модель с фиксированными факторами, метод главных компонент, факторный анализ (варимакс нормализованный), корреляционный

анализ, реализованные в ППП: STATISTICA, SNEDECOR, EXCEL (Сорокин, 2004; Ефимов и др., 2008; Оплеухин и др., 2013; Оплеухин и др., 2014). Биохимический анализ был проведен в технологической лаборатории СИБНИИРС СО РАСХН (Стрельцова и др., 2008).

Результаты и обсуждение

Наиболее важным признаком для оценки биологического ресурса сортов является продуктивность – масса клубней (г) с 1 куста, так как она – количественно характеризует выход продукта, получаемого в результате возделывания культуры (Стрельцова и др., 2014). Изменчивость данного признака в зависимости от влияния метеоусловий и комплекса годовых факторов в пунктах испытания показана на рисунке 1.

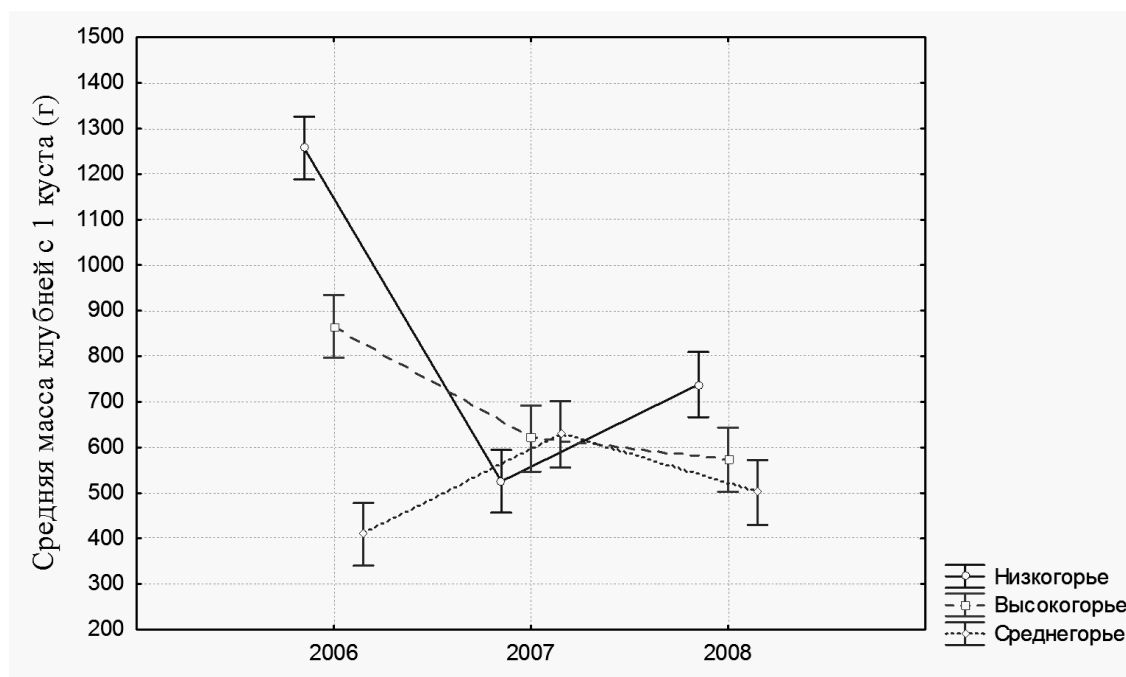
Наибольшая продуктивность в целом за три года имела место в условиях низкогорья, кроме 2007 года, а наименьшая – в условиях среднегорья. Более экстремальным годом был 2006, когда наблюдалось существенное отличие между пунктами наблюдений по метеорологическим условиям. В высокогорье и низкогорье регистрировали наибольшую за все годы продуктивность, в то время как в среднегорье общая масса клубней с 1 куста была наименьшей в течение всех трех лет. Данная разница, как следует из показателей слагаемых элементов продуктивности, обусловлена меньшим числом клубней с 1 куста, а не их массой.

Рассмотрим усредненные данные за трехлетний период по продуктивности сортов разных групп спелости по каждому пункту испытания.

В *низкогорье* среди *ранних* сортов наиболее продуктивными были сорта: ‘Любава’ (980 г), ‘Артемис’ (988 г), ‘Горец’ (960 г) и ‘Белуха’ (1021 г). Однако по годам изменчивость этих сортов была довольно высокой (стандартное отклонение составило от 521 до 676). Самыми стабильными сортами, по проявлению признака в разных метеорологических условиях по годам, были ‘Сувенир Горного Алтая’ ($s = 205$) при средней продуктивности (X_0) 740 г и голландский сорт ‘Агата’ ($s = 267$, $X_0 = 738$ г).

В *среднегорье* среди *ранних* сортов наиболее продуктивными были: ‘Пушкинец’ (680 г), ‘Горец’ (672 г), ‘Белуха’ (631 г). Стандартное отклонение составило у сорта ‘Пушкинец’ 225, у сорта ‘Горец’ – 188 и сорта ‘Белуха’ – 103. Самыми стабильными сортами были ‘Сувенир Горного Алтая’ ($s = 34$) при средней продуктивности 496 г и ‘Артемис’ ($s = 54$, $X_0 = 435$ г).

В *высокогорье* наиболее продуктивными были *ранние* сорта ‘Удача’ (946 г) и ‘Любава’ (917 г), при стандартном отклонении 231 и 210, соответственно. На третьем месте по показателю продуктивности оказался сорт ‘Белуха’ (778 г), который отличался большой стабильностью ($s = 83$). У сорта ‘Радуга’ этот показатель был меньше ($s = 62$), однако, продуктивность данного сорта также была наименьшей – 494 г.



Вертикальные столбцы равны 0,95 доверительных интервалов

Рис. 1. Изменчивость средней массы клубней с 1 куста (г) всех испытываемых сортов в зависимости от условий вегетации и пункта испытаний

В *низкогорье* среди *среднеранних* сортов наиболее продуктивными были: ‘Невский’ (1268 г), ‘Елизавета’ (1012 г) и ‘Тулеевский’ (962 г). В динамике изменчивость была довольно высокой у сорта ‘Невский’, стандартное отклонение составило 1039 г (‘Елизавета’ – 460, ‘Тулеевский’ – 197). Наиболее стабильным сортом, по проявлению признака в разных метеорологических условиях по годам, оказался ‘Свитанок киевский’ ($s = 155$) при средней продуктивности 626 г. Таким образом, в низкогорье наиболее стабильным с высокой продуктивностью был сорт картофеля ‘Тулеевский’.

В *среднегорье* среди *среднеранних* сортов наиболее продуктивными были сорта: ‘Елизавета’ (633 г), ‘Сентябрь’ (630 г), ‘Тулеевский’ (628 г). Стандартное отклонение у сорта ‘Елизавета’ составило 209 г, у сорта ‘Сентябрь’ – 289 и у сорта ‘Тулеевский’ – 181. При этом наибольшую стабильность в проявлении признака продуктивности в разные годы и в разных метеорологических условиях показал сорт ‘Рождественский’ ($s=37$) при средней продуктивности 463 г.

В *высокогорье* наибольшая продуктивность выявлена у *среднеранних* сортов: ‘Лина’ (793 г), ‘Томич’ (733 г) и ‘Невский’ (774 г), при стандартном отклонении 39, 158 и 416 соответственно. Четвертым по эффективности был сорт ‘Сентябрь’ (692 г) и отличался наибольшей стабильностью ($s = 25$), у сорта

‘Лина’ данный показатель был несколько выше ($s = 39$) при наивысшей средней массе клубней с 1 куста.

Среди *среднеспелых* и *среднепоздних* сортов в *низкогорье* наибольшей продуктивностью выделились сорта ‘Монастырский’ (1132 г) и ‘Кетский’ (1104). Однако в трехлетней динамике изменчивость была довольно высокой (стандартное отклонение у сорта ‘Монастырский’ составило 842, у ‘Кетского’ – 835). Наибольшую стабильность проявил сорт ‘Никулинский’ ($s = 132$) при средней продуктивности 776 г.

В *среднегорье* среди *среднеспелых* и *среднепоздних* сортов наиболее продуктивными были ‘Кетский’ (633 г) и № 241 (597 г). Стандартное отклонение составило у сорта ‘Кетский’ 209 и № 241 – 199. Самым стабильным сортом по проявлению признака в разные годы снова был сорт ‘Никулинский’ ($s = 36$) при средней продуктивности 501 г.

В *высокогорье* наиболее продуктивными были *среднеспелые* сорта: ‘Кетский’ (807 г), ‘Самара’ (780 г) и ‘Спиридон’ (740 г), при стандартном отклонении 186, 243 и 273 соответственно. Четвертым по показателю эффективности был №241 (708 г) и отличался большой стабильностью ($s = 47$). У сорта ‘Никулинский’ показатель стабильности был немногим меньше ($s = 41$) при массе клубней с 1 куста, равной 681 г.

Наиболее продуктивными сортами за весь период испытания во всех пунктах были: среди *ранних* – ‘Любава’, ‘Белуха’ и ‘Удача’; среди *среднеранних* – ‘Невский’, ‘Тулеевский’ и ‘Рождественский’; среди *среднеспелых* и *среднепоздних* – ‘Кетский’ и ‘Монастырский’.

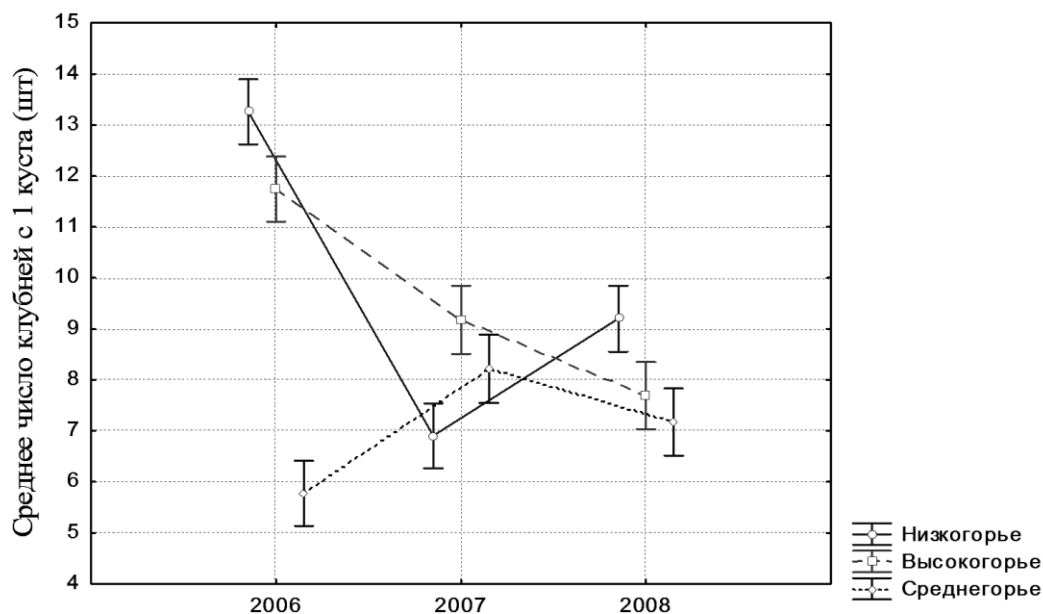
Одним из сортовых признаков продуктивности является показатель числа клубней с 1 куста. Согласно полученным нами данным, коэффициент корреляции между продуктивностью и числом клубней с куста составил $r = 0,8$. Из графика (рис. 2) видно, что наиболее высоким этот показатель в среднем по всем сортам в динамике был в *низкогорье*, за исключением 2007 года, а наименьшим – в условиях *среднегорья*.

Наиболее урожайным для высоко- и низкогорья оказался 2006 год, в то время как в *среднегорье* общее число клубней было наименьшим за все три года.

В целом, во всех пунктах испытания за три года выделились сорта, дающие наибольшее число клубней. Среди сортов *ранней* группы – это ‘Юбиляр’ (9,6) и ‘Горец’ (9,6); *среднеранней* – ‘Невский’ (11,0) и ‘Тулеевский’ (10,0); *среднеспелой* и *среднепоздней* – ‘Кетский’ (9,6), ‘Монастырский’ (9,1) и ‘Самара’ (9,2).

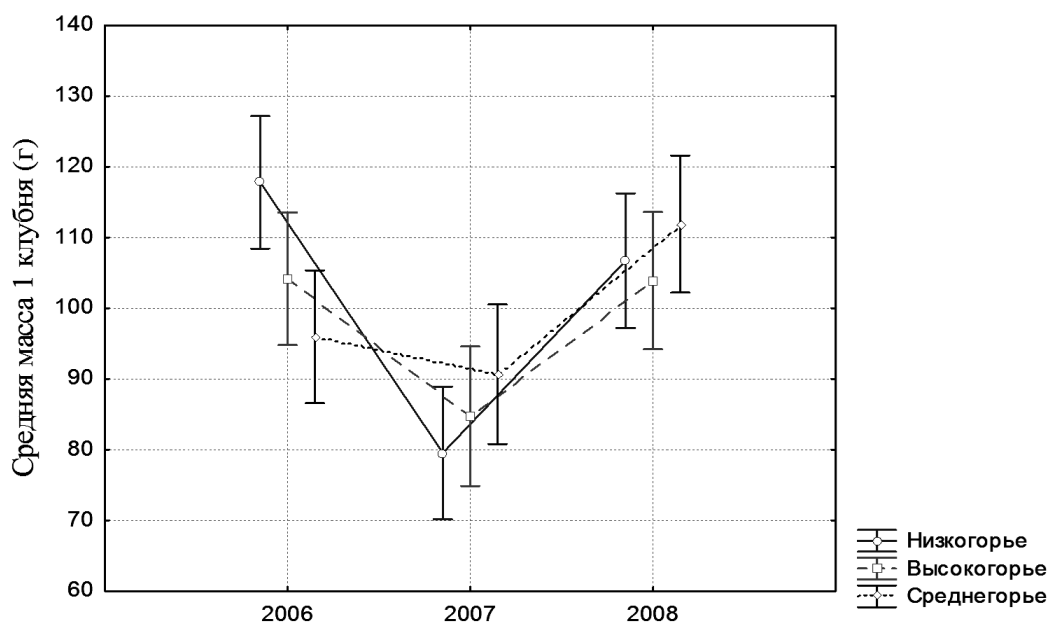
Средняя масса клубня и число клубней формируют продуктивность или показатель средней массы клубней с 1 куста. Рассмотрим изменчивость данного признака в зависимости от условий вегетации и генотипа. На рисунке 3 представлены показатели изменчивости средней массы клубня всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и пункта испытаний.

Из рисунка видно, что средняя масса клубня во всех пунктах изучения существенно не отличалась, а реакция генотипов на метеорологические условия была схожей.



Вертикальные столбцы составляют 0,95 доверительных интервалов

Рис. 2. Изменчивость показателя среднего числа клубней с 1 куста всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и пункта испытаний

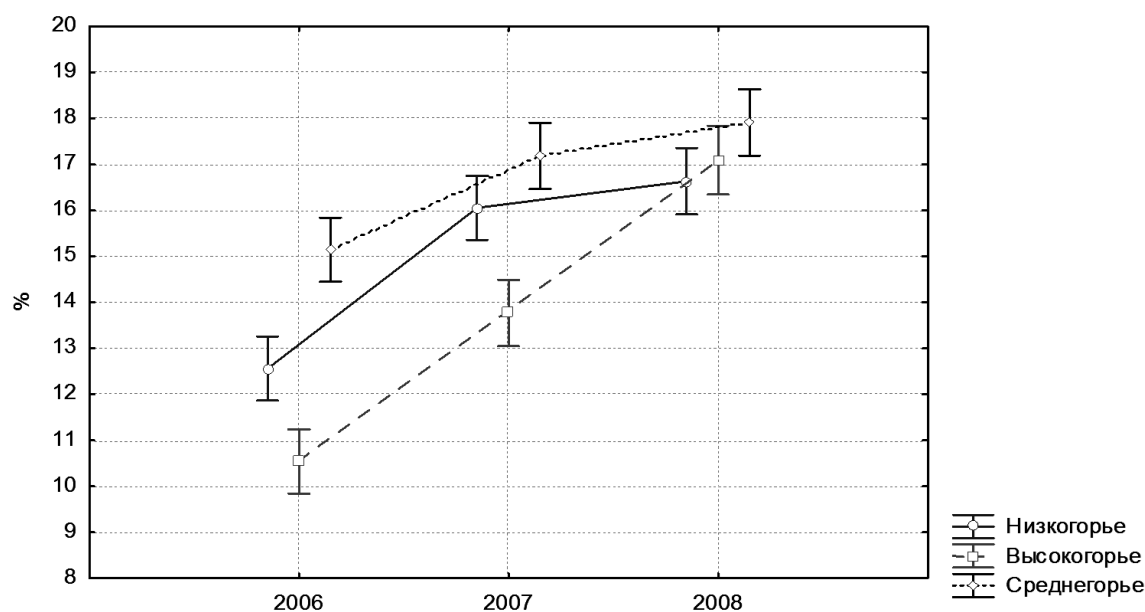


Вертикальные столбцы составляют 0,95 доверительных интервалов

Рис. 3. Изменчивость средней массы 1 клубня (г) всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и пункта испытаний

В 2006 и 2008 годах была отмечена высокая и относительно равная средняя масса клубней почти у всех сортов. В 2007 году этот показатель во всех пунктах был существенно ниже. Если рассматривать сорта с наибольшей средней массой 1 клубня за трехлетний период во всех пунктах испытания, то из ранней группы выделились сорта: ‘Сувенир Горного Алтая’ (125 г), ‘Любава’ (118 г), ‘Пушкинец’ (110 г), ‘Горец’ (108 г) и ‘Удача’ (100 г); среди *среднеранних* – сорта ‘Елизавета’ (121 г) и ‘Тулеевский’ (112 г); среди *среднеспелых* и *среднепоздних* – ‘Кетский’ (110 г), ‘Аспия’ (105 г) и ‘Никулинский’ (105 г).

Содержание крахмала в клубнях является одним из самых важных ценных признаков картофеля как для его промышленной переработки, так и для столового употребления, где во многом он определяет вкусовые качества клубня. Кроме того, это основное вещество, составляющее сухой остаток. По нашим данным, корреляция между относительным содержанием крахмала и долей сухих веществ составила $r=0,88$. На рисунке 4 представлена изменчивость показателя содержания крахмала (%) в клубнях всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и места испытания.



Вертикальные столбцы составляют 0,95 доверительных интервалов

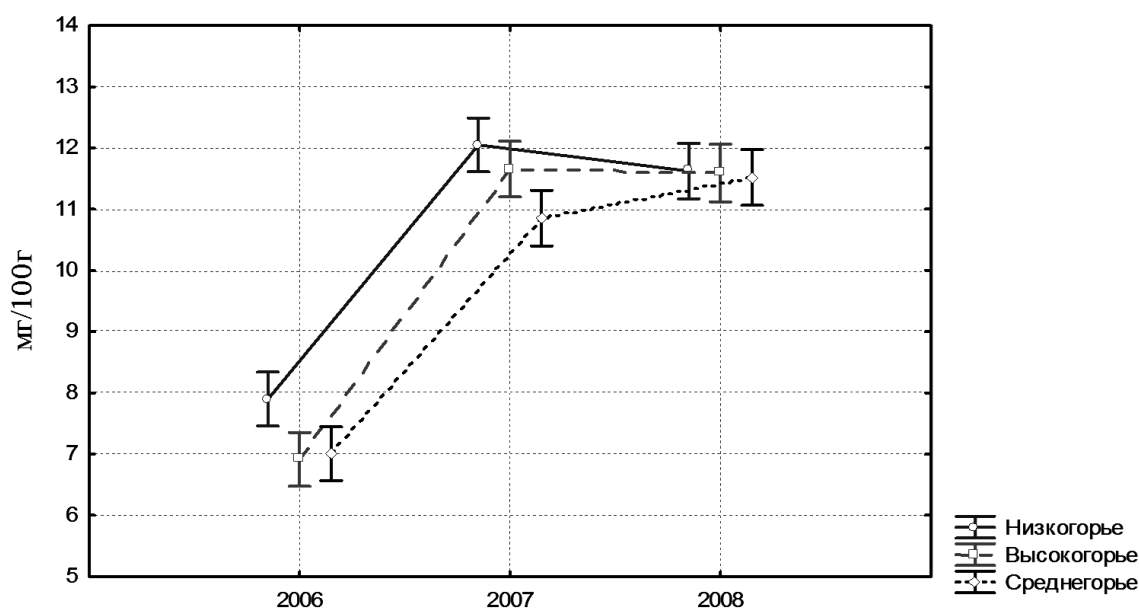
Рис. 4. Изменчивость содержания крахмала (%) в клубнях всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и пункта испытаний

Из рисунка видно, что наиболее низким содержанием крахмала отличались клубни, выращенные в *высокогорье* во все годы испытания. Несколько меньше была разница показателей качества клубней в *среднегорье* и

низкогорье, однако, в целом наибольшее содержание крахмала было зарегистрировано в клубнях образцов, выращенных в зоне *среднегорья*.

Реакция картофеля исследуемых генотипов на метеорологические условия во всех участках была одинаковой. Если в 2007 и 2008 годы сорта отличались высокими и практически идентичными показателями продуктивности и качества, то в 2006 содержание крахмала во всех пунктах было существенно ниже.

В целом, по наибольшему содержанию крахмала из *ранней группы* выделились сорта 'Юбиляр' и 'Сувенир Горного Алтая' (17,2–17,4%); из *среднеранней* – сорта 'Свитанок Киевский', 'Сентябрь' и 'Памяти Рогачева' (16,4–17,6%); а из *среднеспелой* и *среднепоздней* – сорта 'Накра', № 241 и 'Никулинский' (15,8–17,0%).



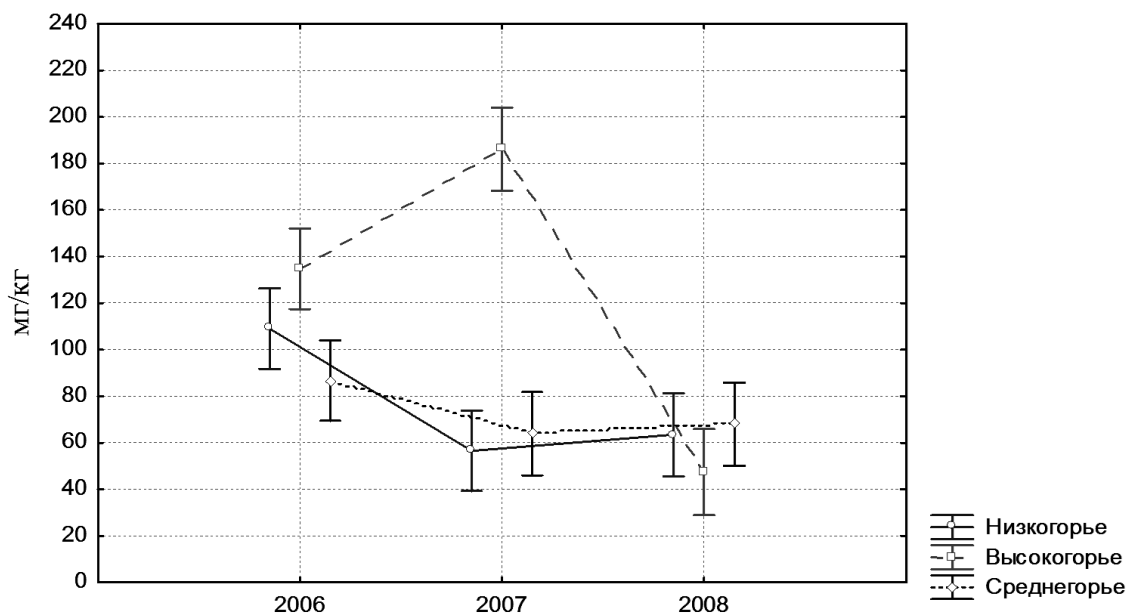
Вертикальные столбцы составляют 0,95 доверительных интервалов

Рис. 5. Изменчивость содержания аскорбиновой кислоты (мг/100г) в клубнях всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и мест испытаний

Важным показателем для диетического использования картофеля является содержание аскорбиновой кислоты (картофель – важный источник витамина С). На рисунке 5 представлена изменчивость содержания аскорбиновой кислоты (мг/100 г) в клубнях всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и пункта испытаний. Из рисунка видно, что низким содержанием аскорбиновой кислоты по местам испытаний отличались сортообразцы, выращенные в *среднегорье*. Несколько более высокая ее концентрация отмечена в клубнях сортов, выращенных в *низкогорье*. В *высокогорье* этот показатель занимал промежуточное положение. Реакция

генотипов на метеорологические условия по этому показателю во всех исследуемых территориях была схожей. Так, 2007 и 2008 годы отличались высокими и практически идентичными показателями, в 2006 г содержание аскорбиновой кислоты во всех сортах было существенно ниже.

За весь период испытаний наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечено у сортов: 'Любава' (11,1 мг/100 г), 'Кетский' (10,9), 'Лина' (10,7), 'Артемис' (10,6), 'Агата' (10,6) и № 241 (10,8). Внутри групп спелости сорта по данному показателю статистически между собой не отличались.



Вертикальные столбцы составляют 0,95 доверительных интервалов

Рис. 6. Сравнительное содержание нитратов (мг/кг) в клубнях всех испытуемых сортов в зависимости от условий вегетации и мест испытаний

Содержание нитратного азота является важным показателем для столового картофеля. Известно, что данный признак подвержен в большей степени влиянию среды. На рисунке 6 представлены сравнительные показатели содержания нитратов (мг/кг) в клубнях всех испытуемых сортов. Из рисунка видно, что по месту испытаний низким и, практически идентичным, содержанием нитратов отличались клубни растений, выращенных в *среднегорье* и *низкогорье*. Клубни же растений, выращенных в условиях *высокогорья*, имели более высокое содержание нитратов, что можно объяснить резкими колебаниями дневных и ночных температур, приводящих растения к постоянным стрессам, а в условиях выживания растения, прежде всего, накапливают азот. Реакция генотипов по изучаемому признаку на метеорологические условия в *низкогорье* и *среднегорье* была идентичной во все годы. Содержание нитратов было повышенным в 2006 году, и более низким – в 2007 и 2008.

В 2006 году накопление нитратов в *высокогорье* происходило несколько активнее, чем в других пунктах, а в 2007 их концентрация была в три раза выше, чем в *низкогорье* и *среднегорье*. По-видимому, высокий уровень содержания нитратов у растений, произрастающих в пункте испытания Саратан в 2006–2007 гг., связан с воздействием суровых климатических условий *высокогорья*, прежде всего с сильным колебанием дневных и ночных температур, спровоцировавших стрессовую реакцию. В 2008 году испытания нами были проведены на опытном участке в Малом Яломане, который отличается более мягкими климатическими условиями, прежде всего, меньшим суточным колебанием температур (рис. 6). В целом за три года по содержанию нитратов сорта картофеля между собой статистически не отличались, однако по среднему показателю больше накопили нитратов сорта 'Радуга' (144 мг/кг), 'Сувенир Горного Алтая' (138) и 'Артемис' (122), причем эти показатели значительно ниже ПДК.

Оценка степени поражения болезнями показала, что незначительное число растений с клубнями, поврежденными фитофторозом, отмечено у *раннего* сорта 'Артемис' (1,7%), *среднераннего* сорта 'Тулеевский' (1,4%) и *среднеспелого* сорта 'Кетский' (1,5%). Очень незначительно поразились клубни *раннего* сорта 'Юбиляр' (0,2%), у *среднеранних* сортов 'Памяти Рогачева' (0,2%) и № 241 (0,5%) и *среднеспелого* сорта 'Аспия' (0,6%). Наиболее сильное поражение фитофторозом было зарегистрировано в 2008 году в *низкогорье* у голландского раннего сорта 'Артемис' (7,5%). Клубни остальных сортов были практически свободны от болезни. В среднем относительный показатель поражения клубней фитофторозом составил 0,9%.

Обыкновенной паршой больше всего поражались: из *ранней группы* – сорт 'Любава' (3,3%); из *среднеранней* – сорт 'Тулеевский' (2,2 %); из *среднеспелой* – сорт 'Спиридон' (2,6%). В наименьшей степени были поражены клубни *раннего* сорта 'Белуха' (1,6%), *среднераннего* сорта 'Память Рогачева' (1,2 %) и *среднеспелых* сортов 'Супериор' (0,5%) и 'Балабай' (0,5%). Более агрессивное поражение паршой было зарегистрировано в 2008 году в *низкогорье* на *ранних* сортах 'Любава' и 'Радуга' (до 15%). Средний относительный показатель поражения клубней паршой всех изучавшихся сортов составил 1,7%, с невысокими баллами поражения (7–8).

Поражение другими болезнями носило сугубо спорадический характер.

Заключение

В условиях разной высотной поясности Горного Алтая высокую продуктивность показали следующие сорта:

- в *низкогорье*
ранние – 'Белуха', 'Горец', 'Любава', 'Антонина' и 'Артемис';
среднеранние – 'Невский', 'Елизавета' и 'Тулеевский';

среднеспелые и среднепоздние – 'Монастырский', 'Кетский', 'Аспия' и № 241;

- в *среднегорье*

ранние – 'Белуха', 'Горец', 'Пушкинец', 'Сувенир Горного Алтая' и 'Любава';

среднеранние – 'Елизавета', 'Сентябрь' и 'Тулеевский';

среднеспелые и среднепоздние – 'Кетский', № 241 и 'Накра';

- в *высокогорье*

ранние – 'Белуха', 'Любава' и 'Удача';

среднеранние – 'Лина', 'Невский' и 'Томич';

среднеспелые и среднепоздние – 'Кетский', 'Самара', 'Спиридон' и № 241.

При этом не всегда высокопродуктивными, но самыми стабильными сортами по проявлению признака *продуктивность* в разных метеорологических условиях по годам выделились: среди **ранних** – в *низкогорье* 'Сувенир Горного Алтая' и 'Агата'; в *среднегорье* – 'Сувенир Горного Алтая' и 'Артемис'; в *высокогорье* – 'Белуха' и 'Радуга'; среди **среднеранних** – в *низкогорье* 'Тулеевский' и 'Свитанок Киевский'; в *среднегорье* – 'Рождественский'; в *высокогорье* – 'Лина' и 'Сентябрь'. Среди **среднеспелых** и **среднепоздних** сортов наибольшую стабильность проявил сорт 'Никулинский' во всех трех пунктах испытания, но в *высокогорье* стабильным был и № 241, что подчеркивает их высокую адаптивную способность.

Наибольшая продуктивность испытуемых сортов картофеля проявилась в условиях *низкогорья*, что связано с более оптимальными экологическими условиями для реализации их генотипов, наименьшая – в экстремальных условиях *среднегорья* в годы испытаний.

Вне зависимости от экологических факторов разной высотной поясности наибольшее *среднее число клубней* формировали сорта 'Горец', 'Юбиляр', 'Невский', 'Тулеевский', 'Кетский', 'Монастырский' и 'Самара'.

Более крупные клубни формировали сорта 'Горец', 'Сувенир Горного Алтая', 'Любава', 'Пушкинец', 'Елизавета', 'Тулеевский', 'Кетский', 'Аспия' и 'Никулинский'.

Низкое содержание крахмала выявлено в клубнях всех сортов, выращенных в *высокогорье*, что, по нашему мнению, связано с коротким безморозным периодом, а высокое – отмечено у клубней растений, выращенных в зоне *среднегорья*, при экстремальных погодных условиях.

В условиях *среднегорья* низкое содержание аскорбиновой кислоты было в клубнях всех сортов, более высокая ее концентрация регистрировалась в *низкогорье*, а в *высокогорье* этот показатель занимал промежуточное положение.

Клубни картофеля всех сортов, выращенные в условиях *высокогорья*, в среднем имели несколько повышенное содержание нитратов (124,8 мг/кг, ПДК – 150), что связано со стрессовыми условиями колебания ночных и дневных температур.

Оценка степени повреждения болезнями позволила выделить сорта с незначительным (0,2–1,7%) поражением клубней фитофторозом и паршой обыкновенной (7–8 баллов). Заражение другими болезнями носило спорадический характер.

Для селекционных целей выявлены сорта с высокой продуктивностью, адаптивной способностью и пластичностью в суровых экологических условиях разной высотной поясности Горного Алтая: из *ранней группы* – 'Белуха', 'Горец', 'Любава', *среднеранней* – 'Невский', 'Елизавета', 'Тулеевский' и 'Лина', *среднепоздней* – 'Кетский', 'Никулинский' и № 241.

Литература

- Ефимов В. М., Ковалева В.Ю. Многомерный анализ биологических данных: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб., 2008. 86 с.
- Киру С. Д. Мировой коллекции картофеля ВИР – 80 // Сб. науч. тр. по прикл. бот. ген. и сел. 2007 Т. 163. С. 5–22.
- Методические указания по экологическому сортоиспытанию картофеля. М., 1982. 14 с.
- Методические рекомендации по проведению исследований с картофелем. Институт картофелеводства НАН Украины. Немешаево, 2002. 182 с.
- Менохов М. С., Стрельцова Т. А. Экологическая изменчивость продуктивности картофеля в Горном Алтае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 8. С. 29–35.
- Обухова И. В., Стрельцова Т. А. и др. Продуктивность картофеля при государственном сортоиспытании в различных земледельческих зонах Горного Алтая // Вестник АГАУ, 2013. № 2 (100). С. 5–7.
- Оплеухин А. А., Стрельцова Т. А. Экологический эффект воздействия разной высотной поясности Горного Алтая на растения. // Вестник КазНУ, серия биологическая. Алматы. 2011. № 3 (48) С. 101–104.
- Оплеухин А. А., Стрельцова Т. А. и др. Различные подходы к оценке влияния экологических факторов горных территорий на изменчивость признаков интродуцируемых сортов картофеля // Мир науки, культуры, образования. Горно-Алтайск, 2012. № 1 (32). С. 295–299.
- Оплеухин А. А., Стрельцова Т. А. Роль экологических факторов изменчивости количественных признаков картофеля в Горном Алтае // Материалы конференции ВОГиС «Проблемы генетики и селекции». Новосибирск, 2013. С. 39.
- Оплеухин А. А., Стрельцова Т. А. Сравнительная оценка методов статистической обработки данных при экологическом сортоиспытании картофеля: учебное пособие. Горно-Алтайский государственный университет. Горно-Алтайск, 2013. 68 с.
- Оплеухин А. А., Стрельцова Т. А. и др. Использование метода главных компонент для решения вопроса влияния высотной поясности и метеорологических условий на исследуемые признаки // Мир науки, культуры, образования. Горно-Алтайск, 2014. № 3 (46). С. 411–415.

- Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск, 2004. 162 с.
- Сухова М. Г., Русанов В. И. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека. Новосибирск, 2007. 150 с.
- Стрельцова Т. А., Ушакова В. Г. Экологическая изменчивость биохимических показателей у картофеля в высокогорье, среднегорье и предгорье Республики Алтай // Картофель и овощи. 2008. № 6. С. 32–34.
- Стрельцова Т. А. Рекомендации по внедрению адаптированных сортов картофеля в Горном Алтае. Горно-Алтайск, 2009. 36 с.
- Стрельцова Т. А., Чертовских И. А., Оплеухин А. А. Каталог сортов картофеля из коллекции лаборатории экологической генетики и селекции растений, испытанных в Горном Алтае в 1993–2009 гг. (иллюстрированный). Горно-Алтайск, 2010. 112 с.
- Стрельцова Т. А. Экологическое испытание сортов собственной селекции в условиях различной высотной поясности Горного Алтая // Материалы конференции ВОГиС «Проблемы генетики и селекции». Новосибирск, 2013. С. 47.
- Стрельцова Т. А., Оплеухин А. А., Менохов М. С. Исследование биоресурсного потенциала новой коллекции картофеля при интродукции в Горный Алтай. Горно-Алтайск, 2014. 128 с.

СОДЕРЖАНИЕ

История ВИР. Славные имена

Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Роль ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова в инициации и становлении новых направлений в селекции озимой ржи в России	5
Богданов Ю. Ф. И. Н. Голубовская – создатель уникальной коллекции мутаций генов мейоза у кукурузы и талантливый исследователь проблемы генетики мейоза	20

Коллекции мировых генетических ресурсов культурных растений для развития приоритетных направлений селекции

Баталова Г. А. Мировое разнообразие как основа адаптивной селекции овса	37
Козловская З. А. Состав и использование коллекции яблони в Беларуси	47
Костина Л. И., Косарева О. С. Сорта картофеля для селекции на хозяйственно-ценные признаки	59
Павлов А. В., Брач Н. Б., Пороховинова Е. А., Кутузова С. Н. Образцы льна-долгунца китайской селекции как источники хозяйственно-ценных признаков	68
Попова Г. А., Мичкина Г. А., Рогальская Н. Б., Трофимова В. М., Брач Н. Б. Использование мировых генетических ресурсов льна коллекции ВИР в создании сортов Томской селекции	76
Сеферова И. В., Новикова Л. Ю. Климатические факторы, влияющие на развитие скороспелых образцов сои в условиях северо-запада РФ	88
Тысленко А. М., Скатова С. Е. Использование экологического принципа в организации селекционного процесса при создании сортов ярового тритикале	98
Стрельцова Т. А., Оплеухин А. А., Окашева Н. А. Исследование экологической изменчивости хозяйственно-ценных признаков картофеля при интродукции в суровые условия горного Алтая	110

CONTENTS

History of VIR. Names of renown

Kobyliansky, V. D. & O. V. Solodukhina. The role of the Vavilov Institute of Plant Industry in the initiation and development of new trends in winter rye breeding in Russia	5
Bogdanov, Yu. F. Inna N. Golubovskaya as the founder of a unique collection of meiotic gene mutations in maize and a talented researcher of the problem of meiosis genetic control	20

Collections of worldwide crop genetic resources in the development of priority breeding trends

Batalova, G. A. Global diversity as a basis of adaptive oat breeding	37
Kazlouskaya, Z. A. Composition and utilization of the apple-tree collection in Belarus	47
Kostina, L. I. & O. S. Kosareva. Potato varieties promising for breeding targeted at commercial traits	59
Pavlov, A. V., N. B. Brutch, E. A. Porokhovinova & S. N. Kutuzova. Fibre flax accessions of Chinese breeding as sources of valuable agronomic characters	68
Popova, G. A., G. A. Michkina, N. B. Rogalskaya, V. M. Trofimova & N. B. Brutch. Involvement of worldwide flax genetic resources from VIR's collection in the development of cultivars in Tomsk	76
Seferova, I. V. & L. Y. Novikova. Climatic factors affecting the development of early soybean accessions in the environments of the Russian Northwest ..	88
Tyslenko, A. M. & S. E. Skatova. Using the ecological principle in the arrangement of breeding process to develop spring triticale cultivars	98
Streltsova, T. A., A. A. Opleukhin & N. A. Okasheva. Researching ecological variability of agronomic traits in potato varieties when they are introduced into severe environments of the Altai Mountains	110

Научное издание

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 176, ВЫПУСК 1**

Технический редактор *В. Г. Лейтан*
Компьютерная верстка *Л. Ю. Шипиловой*

Подписано в печать 26.12.2014 Формат бумаги 70×100^{1/16}
Бумага офсетная. Печать офсетная
Печ. л. 7,875 Тираж 300 экз. Зак.26/13

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 44

ООО «Р – КОПИ»
Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6^Б