

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ НУТА (*Cicer arietinum* L.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. БУЛЫНЦЕВ, Л.Ю. НОВИКОВА, Г.А. ГРИДНЕВ, Е.А. СЕРГЕЕВ

Глобальные изменения климата в сторону потепления приводят к тому, что все большие территории периодически подвергаются воздействию засухи. В связи с этим в земледелии возникает необходимость расширения зоны возделывания засухоустойчивых культур, к числу которых относятся нут. Во многих сельскохозяйственных регионах Российской Федерации, подверженных периодическим засухам, в последние годы происходит увеличение посевных площадей под этой культурой (до 800 тыс. га в 2013 году) как одной из самых засухоустойчивых и жаростойких среди зерновых бобовых. В Тамбовской области в производственных масштабах нут ранее не выращивали, но эта зона по географическому расположению и природно-климатическим факторам (тип почвы, сумма активных температур в период вегетации, продолжительность светового дня и др.) может оказаться перспективной для его возделывания. Впервые в условиях Тамбовской области мы исследовали особенности формирования ценных селекционных признаков, определяющих семенную продуктивность, у образцов нута разного происхождения (всего 629 образцов из 44 стран, отобранных по результатам многолетнего изучения в других почвенно-климатических регионах в России и за рубежом и характеризующихся ценными селекционными признаками — высокой семенной продуктивностью, скороспелостью, крупностью семян, высоким прикреплением нижнего боба, устойчивостью к болезням и др.). Анализ корреляций проводили в сезон вегетации, когда погодные условия соответствовали биологическим особенностям культуры (среднемесячные температуры воздуха в период вегетации и ежемесячные суммы осадков выше средних многолетних значений). Количественные характеристики образцов с разной растрескиваемостью бобов сравнивали методом дисперсионного анализа. Признаки, в наибольшей степени дифференцирующие образцы коллекции, выявляли с применением факторного анализа. Отличительные особенности групп образцов из разных стран исследовали методами однофакторного дисперсионного и кластерного анализа. По результатам сравнения выделены формы для дальнейшего исследования. Показано, что в условиях Тамбовской области к селекционно значимым признакам, определяющим продуктивность растений нута, относится число ветвей 2-го порядка, число бобов на одном растении, высота растения, продолжительность вегетационного периода. Масса 1000 семян проявила положительную связь с продолжительностью периода цветения—созревание. Между массой семян с делянки и числом взшедших растений наблюдали существенную связь (максимальный показатель отмечали при 70-80 растениях на делянке). У образцов наибольшую вариабельность ($C_v = 98,3\%$) отмечали по массе сухого вещества растения. Показано, что 73 % изменчивости исследованных признаков объясняются тремя факторами. Первый (38 % изменчивости) включает блок коррелированных признаков, связанных с числом семян на растении (число ветвей 1-го и 2-го порядка, число бобов на растении, масса сухого растения), второй (25 %) — такие признаки, как продолжительность периодов всходы—цветение, цветение—созревание, высота прикрепления нижнего боба и высота растения, третий (10 %) — массу 1000 семян. Из изученных коллекционных образцов у 330 показатель растрескивание бобов составлял 10 % и соответствовал стандарту (сорт Волгоградский 10), у 202 превышал 10 % и 96 образцов оказались устойчивыми к растрескиванию бобов и представляют ценность для селекции. Не поразились фузариозом 147 образцов, еще 120 характеризовались очень слабым поражением. По наиболее значимым хозяйственно ценным признакам (масса семян с растения и масса 1000 семян) методом кластерного анализа были выделены три группы стран-оригинаторов. Образцы из США характеризовались большой массой 1000 семян и семян с растения. У образцов из стран бывшего СССР, Болгарии и Афганистана масса 1000 семян и семян с растения была невелика. Для остальных стран-оригинаторов оба показателя у образцов близки к средним значениям. Таким образом, в условиях Тамбовской области наиболее перспективными для селекции на семенную продуктивность оказались образцы к-3720, к-3721, к-3740, к-3771, к-3783, к-3785 из Сирии; к-604, к-2340 из Турции; к-431, к-437, к-2176 из Мексики; к-1188, к-1335, к-1480, к-2197, к-2397 из России; к-2144 из Афганистана; к-1491, к-1724, к-1727 из Узбекистана и к-2597, к-2949 из США (178 наиболее перспективных изучены в 2011-2013 годах).

Ключевые слова: нут, коллекционные образцы, ценные селекционные признаки.

Среди бобовых культур по посевным площадям и производству

зерна нут находится на третьем месте в мире после сои и фасоли: ежегодно его высевают на площади около 12 млн га, а годовое производство зерна достигает 9-10 млн т (1, 2). Нут возделывают более чем в 55 странах, характеризующихся засушливым климатом, он служит основной бобовой культурой в Южной Азии, на Среднем Востоке, в Восточной Африке, на Западном Средиземноморье, в Австралии и Мексике (3). В странах с высоким приростом населения (Индия, Пакистан, Мексика, Эфиопия) нут занимает главенствующее положение среди продуктов питания, семена нута содержат большое количество белка (до 30 %), в котором присутствуют все незаменимые аминокислоты и витамины, необходимые человеку (4-6). При этом в семенах нута (в отличие от других бобовых культур) снижено содержание антипитательных веществ (7-9). Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями нут, как и другие бобовые, — растение-азотфиксатор и считается самым лучшим предшественником для других культур в зонах возделывания (10, 11).

Во многих сельскохозяйственных регионах Российской Федерации, подверженных периодическому влиянию засухи, в последние годы происходит увеличение посевных площадей под нут как одну из самых засухоустойчивых и жаростойких культур среди зерновых бобовых (12, 13). На этих территориях в структуре посевных площадей нут очень часто остается единственным представителем семейства бобовых, возделывание которого рентабельно, способствует улучшению плодородия почв и положительно сказывается на продуктивности следующих за ним культур (у озимой пшеницы, высеянной по нуту, урожайность такая же, как после черного пара, а в некоторых случаях даже выше). Быстрый рост площадей под нутом в России связан с увеличением спроса на его зерно как на внутреннем, так и на внешнем рынке (14). В 2001 году они составляли около 25 тыс. га, в 2008 и 2011 годах — более 100 тыс. га, а в 2013 году увеличились до 800 тыс. га. Нут возделывают в Северокавказском, Средне- и Нижневолжском, Уральском и Западносибирском регионах РФ. Посевные площади под нутом выросли и в Центрально-Черноземном регионе — в Воронежской и Белгородской областях.

Наступившее тысячелетие характеризуется глобальным изменением климата в сторону потепления. Все большие территории периодически подвергаются воздействию засухи. В связи с этим в земледелии возникает необходимость расширения зоны возделывания засухоустойчивых культур, к которым относится нут (15-20).

Предварительные 2-летние исследования ограниченного числа образцов подтвердили принципиальную возможность возделывания этой культуры в Тамбовской области (21), в связи с чем было предпринято изучение мировой коллекции нута ВИР (Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова).

Отбор генотипов по одному свойству часто не приводит к желаемому результату. Для повышения эффективности получения растений с высокой семенной продуктивностью, скороспелостью и другими селекционно значимыми качествами необходимо представлять, каковы взаимозависимости между определяющими их признаками.

В условиях центральной части европейской России мы изучили корреляционные связи между элементами урожайности у образцов нута разного происхождения, сохраняемых в коллекции ВИР.

Методика. Сравнение 629 образцов нута из 44 стран выполняли на Екатеринбургской опытной станции ВИР (Тамбовская обл.). В качестве стандартов использовали сорта Краснокутский 36 и Волгоградский 10,

районированные в Российской Федерации. Посев проводили 26 апреля 2011 года. Стандарты высевали через каждые 10 делянок, площадь делянки в опыте — 1 м². Коллекционные образцы нута изучали и оценивали в соответствии с методическими указаниями и классификатором ВИР (22-24). Растрескиваемость бобов перед уборкой описывали согласно классификатору The International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) и International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) (25), руководствуясь шкалой, по которой 0 баллов означает отсутствие растрескивания, 1 балл соответствует растрескиваемости меньше 10 %, 2 балла — больше 10 %. В течение вегетационного периода у образцов оценивали поражение фузариозом согласно методическим указаниям ВИР (24).

После уборки провели структурный анализ растений по ценным селекционным признакам, определяющим семенную продуктивность и приспособленность к механизированному возделыванию. Измеряли высоту растения от почвы до его высшей точки (см), высоту прикрепления нижнего боба (см), число ветвей 1-го порядка у основания стебля, число ветвей 1-го порядка в верхушечной части стебля, массу одного растения с бобами и остатками корня (г), число бобов на одном растении, число семян на одном растении, массу семян с одного растения, массу 1000 семян (г). Для анализа отбирали по три растения каждого образца.

Статистический анализ выполняли с использованием пакета StatSoft Statistica v. 6.0. Количественные характеристики образцов с разной растрескиваемостью бобов сравнивались методом дисперсионного анализа. Признаки, в наибольшей степени дифференцирующие образцы коллекции, выявляли методом факторного анализа. Отличительные особенности групп образцов из разных стран изучали методами однофакторного дисперсионного и кластерного анализа. Для построения дендрограммы использовалось евклидово расстояние и метод невзвешенной попарной группировки с усреднением (UPGMA — unweighted pair group method using arithmetic averages) (26). В исследовании принят уровень значимости 5 %.

Результаты. Погодные условия 2011 года соответствовали биологическим особенностям нута, и по всем исследованным образцам был получен урожай зерна. Среднемесячные температуры воздуха в период вегетации оказались выше средних многолетних значений и составили в апреле 7,4 °С при климатической норме 4,9 °С, в мае 19,0 °С (норма — 13,9 °С), в июне 23,5 °С (норма — 17,8 °С), в июле 28,0 °С (норма — 20,0 °С). Ежемесячные суммы осадков также превысили средние многолетние: в апреле 40,9 мм при норме 32 мм, в мае 47,3 мм (норма — 43 мм), в июне 68,5 мм (норма — 57 мм), в июле 84,5 мм (норма — 63 мм).

Начало всходов отмечали 10-11 мая, полные всходы — 12-13 мая, начало цветения 1 июня, полное цветение — с 3 по 18 июня. Созревание семян у разных образцов нута происходило с 19 по 30 июля. Вегетационный период у стандартных сортов Волгоградский 10 и Краснокутский 36 длился соответственно 69 и 73 сут, а у коллекционных образцов его продолжительность варьировала от 67 до 78 сут (в среднем 70 сут) при диапазоне 67-70 сут у 535 из 629 исследованных образцов. Наиболее скороспелым (67 сут) оказался образец к-3264 ILC-1289 (Турция).

У 615, то есть у большинства из изученных коллекционных образцов нута, форма куста была стоячей (раскидистой вверху) (5 баллов), у 6 — стелющейся (1 балл), 2 образца характеризовались развалистой формой куста (3 балла) и 9 — выделялись компактной формой куста с высоким прикреплением нижних бобов (7 баллов). В связи с преобладанием

одной из форм куста (стоячая раскидистая вверх), этот признак статистически не анализировали.

Средняя высота растения у стандартов составила 43 см (сорт Волгоградский 10) и 49 см (сорт Краснокутский 36), у коллекционных образцов — 36 см (с пределами варьирования от 22 до 65 см).

Масса сухого вещества растения была наиболее вариabельным признаком ($C_v = 98,3 \%$), что указывает на выраженную дифференцированность исследуемой коллекции именно по этому признаку. Масса сухого вещества с растения в среднем равнялась 17 г при колебаниях у разных образцов от 3 до 186 г. Значительные различия образцов были связаны с нарастанием дифференцированности в ряду признаков, определяющих массу сухого вещества: число боковых ветвей 1-го порядка варьировало от 1 до 5 ($C_v = 25,2 \%$), число ветвей 2-го порядка — от 1 до 9 ($C_v = 57,4 \%$), число бобов с одного растения — от 5 до 259 ($C_v = 85,0 \%$), число семян с одного растения — от 5 до 292 ($C_v = 88,8 \%$).

Число семян с одного растения у стандартного сорта Волгоградский 10 составило 25, у сорта Краснокутский 36 — 28. По числу семян с растения, варьировавшему в коллекции в пределах значений от 97 до 292, выделились образцы к-910 (Чехословакия); к-3718 Flip 85-1С, к-3764 (Сирия); к-1810 № 29 (Молдова); к-399 (Болгария) и к-217 (Афганистан).

Масса 1000 семян у обоих стандартов составила 278 г, у коллекционных образцов — в среднем 394 г (минимальное значение 150 г, максимальное — 695 г). По этому признаку выделились образцы к-3614 (Испания, 695 г), к-3745 (Италия, 675 г), к-3412 (Сирия, 660 г), к-3791 (Турция, 640 г), к-3612 (Италия, 640 г), к-3626 (США, 620 г), к-3689 (Португалия, 640 г), к-3609 (Греция, 640 г), к-3647 (Испания, 640 г) и к-431 (Мексика, 630 г).

Масса семян с деланки у стандартов равнялась 418 г (сорт Волгоградский 10) и 463 г (сорт Краснокутский 36), в среднем по коллекции составив 409 г при варьировании от 30 до 1302 г у некоторых образцов, при этом 180 и 289 образцов превосходили соответственно сорт Краснокутский 36 и сорт Волгоградский 10. Выделились три образца со значительным превышением этого показателя: 1302 г у образца к-3407 из Франции, 835 г у образца к-3782 из Сирии и 772 г у образца к-2144 из Афганистана. Для этого признака $C_v = 28,0 \%$, то есть он был более стабильным, чем масса семян с растения ($C_v = 71,5 \%$), так как меньшее число растений, взошедших на деланке, компенсировалось повышенной массой собранных с них семян.

Растрескиваемость бобов у стандартов составила менее 10 % (1 балл, сорт Волгоградский 10) и более 10 % (2 балла, сорт Краснокутский 36). По этому признаку 330 изученных коллекционных образцов нута относились к той же группе, что и лучший из стандартов (сорт Волгоградский 10, менее 10 %, 1 балл), у 202 образцов анализируемый показатель превысил 10 % (2 балла). Ценность для селекции представляют 96 образцов нута, которые оказались устойчивыми к растрескиванию бобов (0 баллов).

Поражение фузариозом у разных образцов оценивалось в пределах от 0 до 7 баллов (0 баллов — отсутствие поражения, 7 баллов — сильное поражение). Стандартный сорт Краснокутский 36 характеризовался отсутствием поражения (0 баллов), у сорта Волгоградский 10 оно было слабым (в среднем 1-3 балла). Из изученных образцов 147 не поражались фузариозом, у 120 оно было очень слабым (1 балл), 132 образца выделили как слабopоражаемые (3 балла), 227 образцов — как среднепоражаемые (5 баллов), 2 образца нута имели сильное поражение (7 баллов).



Рис. 1. Масса семян у образцов нута (*Cicer arietinum* L.) из коллекции ВИР в зависимости от числа растений на делянке (кривые построены методом взвешенных наименьших квадратов; Тамбовская обл., 2011 год).

Число взошедших растений варьировало от 2 до 85 на делянку и в среднем составило 45. Все исследованные признаки, кроме продолжительности периода всходы—цветение, в той или иной степени зависели от числа растений на делянке (особенно при 2-30 растениях) (рис. 1). Сильнее всего с плотностью всходов была связана масса сухого растения: при числе растений менее и более 30 она в среднем составила соответственно 35,6 и 12,5 г. Масса семян с растения при тех же вариантах плотности всходов равнялась соответственно 21,6 и 8,7 г, аналогичным образом нелинейно менялось число бобов и семян на растении, а также число ветвей 2-го порядка. При густоте до 30 растений увеличение их числа на одно приводило к повышению массы семян с делянки в среднем на 8,6 г, при большей плотности соответствующий прирост составлял 1,6 г. Поражение фузариозом на делянках до 30 растений в среднем соответствовало 1 баллу, более 30 — 3 баллам, продолжительность вегетационного периода с ростом плотности посева слаболинейно уменьшалась (коэффициент корреляции $r = -0,36$), также уменьшалась высота растения ($r = -0,30$) и масса 1000 семян ($r = -0,30$).

1. Коэффициенты корреляции элементов урожайности у образцов нута (*Cicer arietinum* L.) из коллекции ВИР (Тамбовская обл., 2011 год)

Признак \ Признак	Период всходы—цветение	Период цветение—созревание	Вегетационный период	Высота растения	Высота прикрепления нижнего боба	Число ветвей 1-го порядка	Число ветвей 2-го порядка	Масса сухого растения	Число бобов на одном растении	Число семян на одном растении	Масса 1000 семян	Поражение фузариозом
Масса семян с одного растения	0,11	0,10	0,31	0,34	-0,14	0,26	0,48	0,60	0,50	0,45	0,27	-0,34
Период всходы—цветение		-0,77	0,27	0,53	0,57	-0,04 ^a	0,06 ^a	0,09	0,11	0,09	-0,28	-0,41
Период цветение—созревание			0,41	-0,25	-0,53	0,11	0,22	0,24	0,19	0,18	0,30	0,13
Вегетационный период				0,38	0,01 ^a	0,10	0,42	0,48	0,44	0,40	0,04 ^a	-0,39
Высота растения					0,62	0,09	0,37	0,42	0,39	0,36	0,03 ^a	-0,60
Высота прикрепления нижнего боба						-0,24	-0,18	-0,20	-0,19	-0,20	-0,20	-0,30
Число ветвей 1-го порядка							0,27	0,35	0,39	0,38	0,09	-0,08
Число ветвей 2-го порядка								0,78	0,76	0,75	0,11	-0,33
Масса сухого растения									0,94	0,91	0,27	-0,34
Число бобов на одном растении										0,98	0,03 ^a	-0,32
Число семян на одном растении											0,02 ^a	-0,31
Масса 1000 семян												-0,01 ^a

Примечание. Изучено 629 образцов из 44 стран-оригинаторов; а — достоверные значения.

Проведенный корреляционный анализ связей элементов урожайности (табл. 1) показал, что масса сухого растения положительно связана с числом бобов на растении ($r = 0,98$) и числом семян ($r = 0,91$), числом ветвей 2-го порядка ($r = 0,78$). Средняя связь наблюдалась с про-

должительностью вегетационного периода ($r = 0,48$), высотой растения ($r = 0,42$), числом ветвей 1-го порядка ($r = 0,35$) и поражением фузариозом ($r = -0,34$). Высота растения положительно коррелировала с высотой прикрепления нижнего боба ($r = 0,62$), отрицательно — с поражением фузариозом ($r = -0,60$), была связана с продолжительностью периода всходы—цветение ($r = 0,53$), числом ветвей 2-го порядка ($r = 0,37$). Масса 1000 семян слабо, но значимо зависела от продолжительности периода цветения—созревание ($r = 0,30$). Среднюю обратную связь отмечали между степенью поражения фузариозом и продолжительностью периода всходы—цветение ($r = -0,41$), сильную — между продолжительностью периодов всходы—цветение и цветение—созревание ($r = -0,77$).

Масса семян с растения различалась у образцов с неодинаковой растрескиваемостью бобов: 14,7 (устойчивые к растрескиванию); 11,1 и 9,7 г (растрескиваемость соответственно менее и более 10 %). Дисперсионный анализ выявил достоверные различия по массе семян с растения у устойчивых к растрескиванию образцов (у неустойчивых различия недостоверны). Масса 1000 семян достоверно различалась между тремя группами (440,1; 396,6 и 368,6 г у образцов с растрескиваемостью соответственно 0, 1 и 2 балла).

Факторный анализ составляющих продуктивности и продолжительностей межфазных периодов показал, что 73 % изменчивости исследованных признаков объясняется тремя факторами. Первый фактор, по которому наиболее дифференцирована коллекция, определяет 38 % изменчивости коллекции и включает блок коррелированных признаков, связанных с числом семян на растении (число ветвей 1-го и 2-го порядка, число бобов на растении, масса сухого растения); второй фактор (продолжительность периодов всходы—цветение, цветение—созревание и связанные с ними высота прикрепления нижнего боба и высота растения) обуславливает 25 % изменчивости и третий независимый фактор, объясняющий 10 % изменчивости, — это масса 1000 семян. Масса семян с растения сильнее коррелировала с первым фактором ($r = 0,65$), в меньшей степени — с третьим фактором ($r = 0,34$) и совершенно не была связана со вторым фактором ($r = 0,02$). Иными словами, высокую массу семян с растения в основном определяет большое число элементов продуктивности и в меньшей степени высокая масса 1000 семян.

2. Сравнительная характеристика элементов урожайности у образцов нута (*Cicer arietinum* L.) из коллекции ВИР в зависимости от страны происхождения (Тамбовская обл., 2011 год)

Происхождение	Число образцов, шт.	Вегетационный период, сут.			Число семян на растении, шт.			Масса 1000 семян, г			Масса семян с растения, г			Масса семян с деланки, г		
		\bar{x}	min	max	\bar{x}	min	max	\bar{x}	min	max	\bar{x}	min	max	\bar{x}	min	max
Тестируемые образцы																
Азербайджан	18	69,2	68	70	17	7	34	353	240	440	8	4	14	375	211	628
Алжир	5	70,8	69	77	23	9	47	483	370	620	9	7	12	371	272	476
Аргентина	1	69,0			19			480			20	20	20	489		489
Армения	6	69,7	69	70	21	11	34	321	240	400	6	5	8	351	235	455
Афганистан	23	69,6	68	71	21	8	97	324	150	480	9	4	14	451	269	772
Болгария	10	70,2	69	73	27	6	100	330	280	410	14	6	36	376	142	553
Венгрия	1	70,0			45			350			20			391		
Гватемала	1	68,0			5			280			8			270		
Германия	1	75,0			7			280			7			328		
Греция	4	69,3	69	70	18	7	28	568	510	640	12	4	19	426	300	520
Грузия	2	70,5	70	71	24	22	26	285	280	290	7	5	10	332	304	360
Израиль	8	69,3	68	75	25	7	61	444	270	555	14	8	35	443	331	572
Индия	16	68,9	68	70	27	11	81	393	315	575	10	6	20	462	266	605
Иордания	9	69,2	68	70	13	5	25	404	290	540	9	5	13	408	287	562

Ирак	1	69,0			17			420			11	11	11	456		
Иран	24	69,8	68	77	20	6	33	377	200	560	10	5	19	411	234	753
Испания	14	70,8	68	77	27	5	95	443	270	695	14	4	35	343	68	529
Италия	13	68,9	68	70	20	7	80	459	240	675	11	6	22	441	226	702
Казахстан	4	69,8	68	72	16	10	22	280	180	340	7	4	11	408	282	500
Канада	1	68,0			11			500			11	11	11	474		
Кипр	7	68,4	68	70	20	10	32	390	360	430	9	7	13	420	371	528
Киргизия	3	68,7	68	69	22	11	31	333	280	370	10	6	15	419	410	434
Колумбия	2	70,5	68	73	44	14	73	323	240	405	11	6	16	215	79	351
Марокко	9	70,6	68	77	15	7	31	437	330	520	7	3	14	350	151	552
Мексика	34	68,7	68	73	19	7	55	410	220	630	11	5	33	446	193	646
Молдова	5	71,2	68	78	43	21	113	346	280	440	10	7	17	368	100	617
Пакистан	14	68,7	68	70	19	9	33	359	220	500	9	6	19	377	260	468
Палестина	1	68,0			16			440			10			511		
Польша	1	68,0			46			480			14			362		
Португалия	4	68,8	68	69	13	10	20	490	360	640	10	6	14	416	287	615
Россия	32	70,1	68	76	24	9	67	318	205	540	11	3	34	397	204	616
Сирия	165	69,5	68	77	24	6	203	411	220	660	13	1	106	418	50	835
США	20	70,7	69	78	33	6	86	520	435	620	21	1	78	396	30	600
Таджикистан	2	68,5	68	69	42	26	58	415	370	460	11	10	12	417	374	459
Тунис	2	69,5	69	70	16	14	18	445	380	510	15	8	22	378	264	491
Туркмения	1	69,0			7			400			8			520		
Турция	65	69,0	67	76	18	6	74	434	280	640	10	5	39	427	167	640
Узбекистан	34	69,8	68	76	21	5	59	344	160	460	9	4	42	405	224	556
Украина	33	70,1	68	74	23	6	55	303	220	470	9	5	25	353	223	565
Франция	4	68,8	68	70	18	8	25	368	280	550	11	6	17	662	383	1302
Хорватия	1	73,0			61			515			4			300		
Чехия	3	71,3	69	75	123	9	292	243	215	275	16	5	27	279	82	421
Чили	22	69,0	68	71	14	6	37	456	260	560	10	5	21	396	309	479
Эфиопия	2	68,5	68	69	13	13	14	285	260	310	5	5	6	357	265	449
Стандарты																
Волгоградский 65 повтор- 10 (ST 1) ностей		69,4	68	74	25	16	40	278	260	295	12	10	18	418	245	600
Краснокут- ский 36 (ST 2) ностей		72,5	69	74	28	22	31	278	275	280	13	5	18	463	222	691
Всего	632	69,8	67	78	23	5	292	394	150	695	11	1	106	414	30	1302

На основании сравнения образцов из разных стран (табл. 2) мы сопоставили ценные селекционные признаков для стран, представленных пятью и более образцами. Полученные значения (минимальное, первая квартиль, медиана, третья квартиль и максимальное значение), дающие представление о форме распределения и позволяющие визуализировать результаты, представлены на рисунке 2.

Дисперсионный анализ и последующие попарные сравнения по наименьшей существенной разности показали отсутствие стран с продолжительностью вегетации, достоверно меньшей, чем у стандартного сорта Волгоградский 10 (69 сут). Наибольшее число семян с растения имели образцы из Молдавии (43 шт.), США (33 шт.), Испании (27 шт.), Болгарии (27 шт.), Индии (26 шт.), Израиля (25 шт.), однако они достоверно не отличались от стандартов (сорта Волгоградский 10 и Краснокутский 36, соответственно 25 и 28 семян с растения). Масса 1000 семян у стандартов (278 г) была наименьшей из средних значений по крупным странам-оригинаторам. Средняя масса 1000 семян у образцов из Ирана, Кипра, Индии, Иордании, Мексики, Сирии, Пакистана, Турции, Испании, Израиля, Чили, Италии, Алжира и США достоверно превышала таковую у стандартов. По массе семян с растения достоверно превосходила стандарты группа образцов из США (21 г). Наибольшую массу семян с делянки имел стандартный сорт Краснокутский 36 (463 г), с ним были сравнимы и достоверно не отличались образцы из Индии (462 г), Афганистана (451 г), Мексики (445 г), Израиля (443 г) и Италии (441 г).

Степень близости стран — оригинаторов нута, представленных в

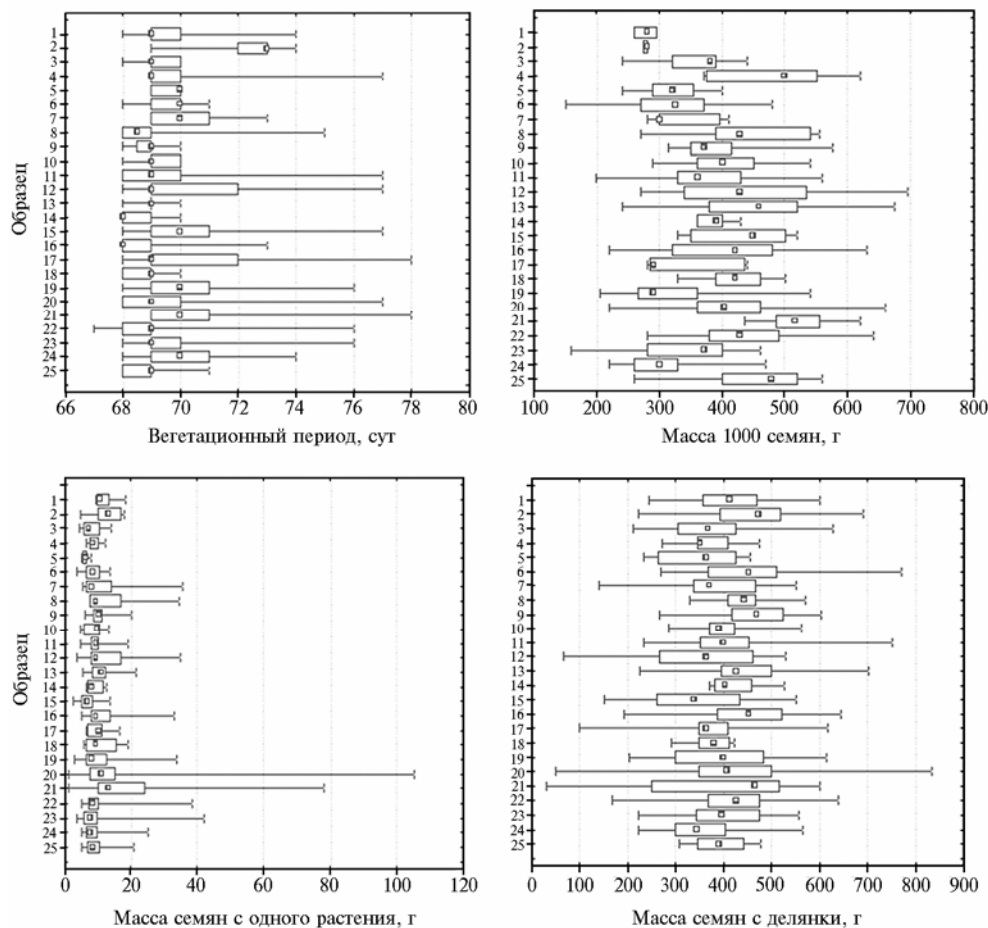


Рис. 2. Сравнение четырех хозяйственно ценных признаков у образцов нута (*Cicer arietinum* L.) разного происхождения: 1 — СТ 1 (сорт Волгоградский 10), 2 — СТ 2 (сорт Краснокутский 36) (стандарты для Российской Федерации), 3 — Азербайджан, 4 — Алжир, 5 — Армения, 6 — Афганистан, 7 — Болгария, 8 — Израиль, 9 — Индия, 10 — Иордания, 11 — Иран, 12 — Испания, 13 — Италия, 14 — Кипр, 15 — Марокко, 16 — Мексика, 17 — Молдова, 18 — Пакистан, 19 — Россия, 20 — Сирия, 21 — США, 22 — Турция, 23 — Узбекистан, 24 — Украина, 25 — Чили; □ — медиана, ◻ — 1-я и 3-я квартили, |—| — минимальное и максимальное значения (для стран, представленных в коллекции ВИР пятью и более образцами; Тамбовская обл., 2011 год).

коллекции ВИР пятью и более образцами, в отношении массы семян с растения и массы 1000 семян у изучаемых форм исследовали методом кластерного анализа (евклидово расстояние, метод UPGMA). В результате сформировались три группы (рис. 3): первая — США; вторая — Россия, страны постсоветского пространства, Болгария и Афганистан; третья — остальные страны. Образцы из США характеризовались большой массой 1000 семян и семян с растения, во второй группе средняя масса 1000 семян и масса семян с растения оказалась невелика, в то время как у остальных стран оба показателя были близки к средним значениям.

Были выделены 180 коллекционных образцов нута, превосходящих более урожайный стандарт (сорт Краснокутский 36) по массе зерна с делянки. Анализ этих образцов по происхождению показал (табл. 3), что 53 образца оказались из Сирии (34,6 % из 153 изученных сирийских образцов), 17 образцов из Турции (26,2 % образцов из 65 изученных), 16 — из Мексики (47,1 % из 34 изученных), 11 — из России (34,4 % из 32), 11 —

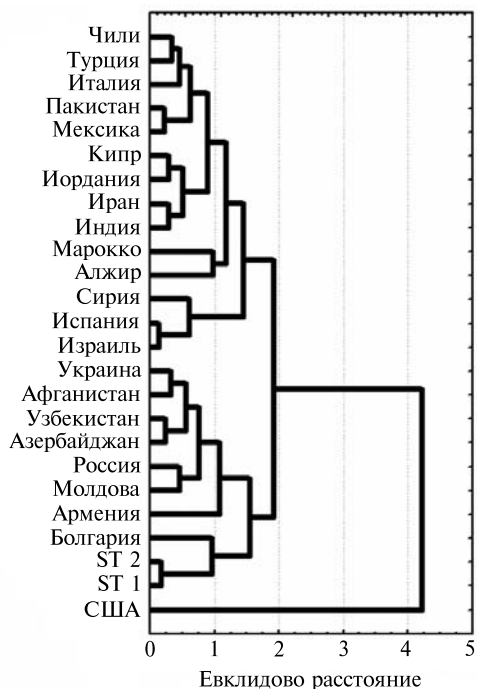


Рис. 3. Дендрограмма, отражающая степень близости между странами — оригинаторами образцов нута (*Cicer arietinum* L.): ST 1 и ST 2 — соответственно сорта Волгоградский 10 и Краснокутский 36 как стандарты для Российской Федерации (для стран, представленных в коллекции ВИР пятью и более образцами, проанализированы данные о массе семян с растения и массе 1000 семян; Тамбовская обл., 2011 год).

из Афганистана (47,8 % из 23), 11 — из Узбекистана (32,4 % из 34), 10 — из США (50,0 % образцов из этой страны).

По массе 1000 семян подавляющее большинство образцов превосходили стандарты (278 г), и только у 56 образцов она была ниже, чем у стандартов.

Таким образом, в 2011 году фон тепло- и влагообеспе-

3. Характеристика элементов урожайности у образцов нута (*Cicer arietinum* L.) разного происхождения, превосходящих стандарт (сорт Краснокутский 36) по массе семян с делянки (в порядке возрастания показателя; Тамбовская обл., 2011 год)

Происхождение	Число образцов, шт.	Масса семян с делянки, г	Вегетационный период, сут	Число семян на растении, шт.	Масса 1000 семян, г
Краснокутский 36		463,0	72,5	27,7	278,3
Пакистан	1	468,0	68,0	19,7	320,0
Канада	1	474,0	68,0	11,0	500,0
Алжир	1	476,0	69,0	8,7	550,0
Чили	1	479,0	69,0	36,7	480,0
Аргентина	1	489,0	69,0	19,3	480,0
Тунис	1	491,0	69,0	14,0	380,0
Греция	2	497,0	69,0	23,2	560,0
Узбекистан	11	497,1	69,4	18,7	385,9
Казахстан	1	500,0	68,0	22,0	340,0
Испания	3	500,7	69,7	19,1	333,3
Палестина	1	511,0	68,0	16,3	440,0
Украина	3	512,3	69,0	17,8	376,7
Болгария	3	518,7	69,3	15,7	370,0
Туркмения	1	520,0	69,0	7,3	400,0
Израиль	2	522,5	68,5	8,2	500,0
Иордания	2	527,5	70,0	11,7	480,0
Кипр	1	528,0	70,0	23,7	360,0
Россия	11	528,6	69,5	22,0	331,5
Афганистан	11	531,4	69,3	19,3	346,4
США	10	531,5	69,7	18,9	509,0
Азербайджан	3	533,3	68,7	12,9	360,0
Мексика	16	533,6	68,3	16,8	416,3
Турция	17	537,4	68,8	17,3	436,5
Индия	8	538,3	68,8	27,2	365,6
Иран	6	546,3	69,2	19,8	418,0
Сирия	53	551,4	69,5	24,9	411,2
Марокко	1	552,0	72,0	31,3	490,0
Италия	4	564,8	69,3	16,6	510,0
Португалия	1	615,0	69,0	12,3	500,0
Молдова	1	617,0	68,0	21,0	280,0
Франция	2	939,5	69,0	16,0	425,0
Всего	180	539,2	69,2	20,5	410,5

ченности в Тамбовской области позволил дифференцировать формы нута по их селекционной ценности для региона. Из 629 исследованных образцов было выделено 178 наиболее перспективных для дальнейшего изучения, проведенного в 2011-2013 годах (данные не приведены). Большой объем вовлеченных в исследование образцов и оцененных показателей позволил сделать обоснованные выводы о региональных закономерностях формирования урожая у форм различного географического происхождения.

Итак, в условиях Тамбовской области к селекционно значимым признакам, определяющим продуктивность растений нута, следует отнести число бобов и семян на одном растении, число ветвей 2-го порядка, высоту растения и продолжительность вегетационного периода. Масса 1000 семян была положительно связана с продолжительностью периода цветения—созревание. Масса семян с делянки существенно коррелировала с числом взшедших растений и достигала максимальных значений при 70-80 растениях на делянке. По наиболее значимым хозяйственно ценным признакам (масса семян с растения и масса 1000 семян) методом кластерного анализа выделены три группы стран-оригинаторов нута. Образцы из США характеризуются большой массой 1000 семян и семян с растения. У образцов из стран бывшего СССР, Болгарии и Афганистана масса 1000 семян и семян с растения невелика. У остальных стран-оригинаторов, чьи образцы представлены в коллекции Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР), оба показателя близки к средним значениям. В условиях Тамбовской области наиболее перспективны для селекции на семенную продуктивность образцы к-3720, к-3721, к-3740, к-3771, к-3783, к-3785 из Сирии; к-604, к-2340 из Турции; к-431, к-437, к-2176 из Мексики; к-1188, к-1335, к-1480, к-2197, к-2397 из России; к-2144 из Афганистана; к-1491, к-1724, к-1727 из Узбекистана и к-2597, к-2949 из США. Всего из 629 исследованных образцов было выделено 178 наиболее перспективных для дальнейшего изучения, проведенного в 2011-2013 годах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Страшной В.Н. Агроклиматические ресурсы Тамбовской области. Л., 1974.
2. FAOSTAT, 2012. Food and Agricultural Organization Statistical Database. Rome (<http://faostat3.fao.org>).
3. Knights E.J., Açıkgöz N., Warkentin T., Bejiga G., Yadav S.S., Sandhu J.S. Area, production and distribution. In: Chickpea breeding and management /S.S. Yadav, R.J. Redden, W. Chen, B. Sharma (eds.). CAB International, 2007: 167-178.
4. Muzquiz M., Cuadrado C., Guilamon E., Goyoaga C., Altares P., Varela A., Pedrosa M.M., Burbano C. Implicacion en nutricion y salud de compuestos toxicos y no-nutritivos de leguminosas. In: 1^{as} Jornadas de la Asociacion Espanola de leguminosas. Junta de Andalucia, Cordoba, Spain, 2003: 80-82.
5. Naveeda K., Jamuna P. Nutritional quality of microwave-cooked and pressure-cooked legums. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2004, 55: 441-448.
6. Poltronieri F., Areas J.A.G., Colli C. Extrusion and iron bioavailability in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Food Chem., 2000, 70: 175-180.
7. Alvarez-Alvarez J., Guilamon E., Crespo J.F., Cuadrado C., Burbano C., Rodríguez J., Fernández C., Muzquiz M. Effects of extrusion, boiling, autoclaving and microwave heating on lupin allergenicity. J. Agric. Food Chem., 2005, 53(4): 1294-1298.
8. Champ M.M. Non-nutrient bioactive substances of pulses. Br. J. Nutr., 2002, 88, Suppl. 3: S307-319.
9. El-Adawy T.A. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. Plant Foods for Human Nutrition. 2002, 57(1): 83-97 (doi: 10.1023/A:1013189620528).
10. Ahlawat I.P.S., Gangaian B., Singh O. Production potential of chickpea (*Cicer arietinum*)-based intercropping systems under irrigated conditions. Indian Journal of Agronomy, 2005, 50: 27-30.

11. Miller P.R., Holmes J.A. Cropping sequence effects of four broadleaf crops on four cereal crops in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 2005, 97: 189-200.
12. Германцева Н.И. Нут — культура засушливого земледелия. Саратов, 2011.
13. Балашов В.В., Балашов А.В., Патрин И.Т. Нут — зерно здоровья. Волгоград, 2002.
14. Гриднев Г.А., Булынецов С.В., Сергеев Е.А. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции нута в условиях Тамбовской области. Зернобобовые и крупяные культуры, 2012, 2: 51-54.
15. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата /Под ред. А.В. Гордеева. М., 2008.
16. Климатическая доктрина Российской Федерации (утверждено распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 года № 861-пп) (<http://www.kremlin.ru/acts/6365>).
17. Кокорин А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. М., Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014 (http://wwf.ru/data/climate/ipcc_review.pdf).
18. Сафонов Г., Сафонова Ю. Экономический анализ влияния изменения климата на сельское хозяйство России: национальные и региональные аспекты (на примере производства зерна) (научно-исследовательские отчеты OXFAM, 2013) (http://grow.clirc.ru/attach_files/file_public_1028.pdf).
19. Iglesias A., Garrote L., Quiroga S., Moneo M. Impacts of climate change in agriculture in Europe. PESETA-Agriculture study. Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Luxembourg, 2009.
20. IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change /C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 1-32 (http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WG2AR5_SPM_FINAL.pdf).
21. Булынецов С.В., Панкратов Н.Н., Сергеев Е.А. Нут как перспективная зерновая бобовая культура для возделывания в условиях Тамбовской области. Мат. Межд. конф. «Биологические основы садоводства и овощеводства». Мичуринск, 2010: 66-71.
22. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Л., 1975.
23. Классификатор рода *Cicer* L. (Нут). Л., 1980.
24. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение (метод. указ.). СПб, 2010.
25. Descriptors for Chickpea (*Cicer arietinum* L.). IBPGR, ICRISAT, ICARDA. Rome, 1993.
26. Новикова Л.Ю., Тарасова О.Ю. Статистические методы анализа и моделирования. Методические указания. СПб, 2012.

ГНУ Всероссийский НИИ растениеводства
им. Н.И. Вавилова Россельхозакадемии,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42,
e-mail: s.bulyntsev@vir.nw.ru, l.novikova@vir.nw.ru,
ekaterops@yandex.ru

Поступила в редакцию
18 марта 2014 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2015, V. 50, № 1, pp. 63-74

CORRELATION OF BREEDING TRAITS THAT DETERMINE PRODUCTIVITY OF CHICKPEA (*Cicer arietinum* L.) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION IN THE CONDITIONS OF TAMBOV REGION

S.V. Bulyntsev, L.Yu. Novikova, G.A. Gridnev, E.A. Sergeev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry, Russian Academy of Agricultural Sciences, 42, ul. Bol'shaya Morskaya, St. Petersburg, 190000 Russia, e-mail s.bulyntsev@vir.nw.ru, l.novikova@vir.nw.ru, ekaterops@yandex.ru
Received March 18, 2014 doi: 10.15389/agrobiol.2015.1.63eng

Abstract

Increasing global temperature recently leads to climatic changes towards more drought conditions over large areas, so drought resistant plants should be wider cultivated. Chickpea is a drought resistant crop commercially cultivated in 2013 at 800 000 ha in some region of the Russian Federation with periodic droughts, except the Tambov region, though its geographic and climatic conditions could be appropriate for chickpea growing. For the first time in the Tambov region we investigated the formation of breeding traits that determine seed productivity in 629 chickpea accessions of different origin, including 44 countries, from the VIR (All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg) World Collection which were selected due to prior wide geographic testing in other Russian regions and abroad. Using statistical methods, i.e. factor, dispersion analysis and clustering, we defined breeding and noticeable traits, the influence of sowing norm, and the

countries which were the most perspective as originators of chickpea. It is shown that the number of branches of the 2nd order, the number of pods per plant, plant height, the length of growing period mainly contributed into determining productivity of chickpea plants in the environmental conditions of the Tambov region. The weight of 1000 seeds had a positive relationship with the period from flowering to ripening. A significant association between the weight of seeds per plot and the number of plants was observed with the maximum rate found at 70-80 plants per plot. The variability of accessions in plant dray weight was the greatest and reached the value of $C_v = 98.3\%$. A total of 73 % of the variability of the investigated traits were influenced by three factors. The first one causing 38 % of variability comprised of a block of correlated traits, namely the number of branches of the 1st and 2nd order, the number of pods per plant and plant dry weight, which were associated with the number of seeds per plant. The second one of a 25 % influence included the periods from germination to flowering and from flowering to ripening, the height of the lower bean attachment and the plant height, and the third one with a 10 % effect on variability was the weight of 1000 seeds. In 330 studied forms the bean cracking rate was 10 % that met the standards of Volgogradskii 10 variety, in 202 accessions it exceeded 10 %, and 96 accessions were resistant to bean cracking being valuable for breeding. A total of 147 accessions were not affected by fusarium wilt, and another 120 accessions were very weakly attacked and damaged. By clustering we identified three groups of countries where the forms with higher seed weight per plant and weight of 1000 seeds as the most economically valuable traits were originated from. Accessions from the United States were characterized by larger weight of 1000 seeds and weight of seeds per plant, while in accessions from the former Soviet Union, Bulgaria and Afghanistan the weight of 1000 seeds and the weight of seeds per plant were low. For the rest countries both these parameters were close to average values. So in the Tambov region the k-3720, k-3721, k-3740, k-3771, k-3783, k-3785 from Syria; k-604, k-2340 from Turkey; k-431, k-437, k-2176 from Mexico; k-1188, k-1335, k-1480, k-2197, k-2397 from Russia; k-2144 from Afghanistan; k-1491, k-1724, k-1727 from Uzbekistan and k-2597, k-2949 from the U.S. are the most perspective form in breeding for seed productivity. A total of 178 most prospective accessions were further tested in 2011-2013.

Keywords: chickpea, collection accessions, valuable breeding traits.

Адрес сайта журнала в Интернете — www.agrobiology.ru

Статьи, события, информация — 7500 просмотров за месяц

73 % — посетители из России, около 7 % — из США и Канады, 20 % — из других стран



КАРТА САЙТА

Сообщаем, что...

- В правилах оформления направленных к представлению рукописей произошли изменения
- На сайте открыт новый раздел - "Зарубежные публикации", в котором представлены публикации авторов журнала в зарубежных изданиях
- Изменился фактический адрес редакции. Корреспонденцию можно отправлять по адресу: 127434, Москва, Дмитровское шоссе, д. 11, оф. 345.
- Телефонный код редакции изменился на 499. Новые телефоны: (499) 976-32-73; (499) 977-88-19.
- В разделе "Архив" нашего сайта в открытом доступе представлены полнотекстовые версии статей с 2007 года.
- С 2010 года на нашем сайте размещаются англоязычные полнотекстовые версии основной части

Включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (Перечень ВАК) (по агрономии и лесному хозяйству, по зоотехническим и ветеринарным специальностям, а с 2007 года — также по биологическим наукам).

Динамичное развитие и высокий уровень публикаций определяют интерес к изданию и его признание в научной среде. Читатели журнала — ученые не только из России и стран СНГ, но и из Бразилии, Великобритании, Германии, Испании, Китая, Швейцарии, Японии.

С 1989 года журнал выходит двумя сериями: «Биология растений» (№№ 1, 3 и 5 - февраль, июнь и октябрь) «Биология животных» (№№ 2, 4 и 6 - апрель, август и декабрь)

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Российские и зарубежные газеты и журналы» — 70804.

Подписка через Интернет-каталог.



© 2009, «Сельскохозяйственная биология» тел. +7 (499) 977-88-19 agrobiology.ru Дизайн www.faber.com

От эксперимента — к практике



Всероссийский НИИ селекции и селеводства овощных культур



Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства

