

N. I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE
OF PLANT GENETIC RESOURCES (VIR)

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

volume 178
issue 4



Editorial board

O. S. Afanasenko, I. N. Anisimova, G. A. Batalova, L. A. Bespalova, N. B. Brutch, Y. V. Chesnokov, A. Diederichsen, M. V. Duka, N. I. Dzyubenko (Chief Editor), N. Friesen, K. Hammer, A. V. Kilchevsky, M. M. Levitin, I. G. Loskutov, S. S. Medvedev, O. P. Mitrofanova, A. I. Morgunov, H. A. Muminjanov, M. A. Pintea, E. K. Potokina, E. E. Radchenko, I. D. Rashal, A. V. Rodionov, Z. Sh. Shamsutdinov, M. M. Silantyeva, T. N. Smekalova, I. A. Tikhonovich, J. Turok, E. K. Turuspekov, M. A. Vishnyakova.

Editor in charge of this issue: *E. A. Sokoilova, N. I. Dzyubenko*

ST. PETERSBURG

2017

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

**том 178
выпуск 4**



Редакционная коллегия

И. Н. Анисимова, О. С. Афанасенко, Г. А. Баталова, Л. А. Беспалова, Н. Б. Брач, М. А. Вишнякова, А. Дидериксен, Н. И. Дзюбенко (главный редактор), М. В. Дука, А. В. Кильчевский, М. М. Левитин, И. Г. Лоскутов, С. С. Медведев, О. П. Митрофанова, А. И. Моргунов, Х. А. Муминджанов, Е. К. Поткина, М. А. Пынтя, Е. Е. Радченко, И. Д. Раиаль, А. В. Родионов, М. М. Силантьева, Т. Н. Смекалова, И. А. Тихонович, Й. Турок, Е. К. Турусбеков, Н. В. Фризен, Ю. В. Чесноков, К. Хаммер, З. Ш. Шамсутдинов.

Ответственные редакторы выпуска *Е. А. Соколова, Н. И. Дзюбенко*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2017

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. 160 с.

В ходе экспедиционного исследования территории северо-западного Прибайкалья выявлены районы наиболее богатые по видовому составу диких родичей культурных растений. Подведены итоги интродукции плодово-ягодных культур в национальном парке «Бузулукский бор». Изучен коллекционный материал овса коллекции ВИР в условиях Алтайского края и селекционный материал овса, предоставленный селекционерами Московского НИИСХ, на севере России (ФГУП «Котласское»). Дана характеристика нового пивоваренного сорта ярового ячменя Омский 100. Оценен генофонд абрикоса на Южном Урале по важным хозяйственно ценным признакам: зимостойкость, качество плодов и др. В условиях Северо-Западного региона РФ исследованы отдаленные гибриды рода *Ribes* L., продемонстрирована связь между аномальными особенностями морфологического строения оболочки пыльцевых зерен и уровнем фертильности изученных образцов. Выявлена высокая общая и сезонная изменчивость краснодарской популяции *Schizaphis graminum* Rondani по вирулентности к генам устойчивости сорго. Представлены данные устойчивости к фитофторозу сортов и селекционных клонов картофеля из коллекций ВИР и ЛенНИИСХ и результаты молекулярного скрининга 103 сортов картофеля отечественной селекции на наличие маркеров, ассоциированных с генами H1 и Gro1-4 устойчивости к патотипу Ro1 золотистой картофельной нематоды *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr. С помощью аллель-специфичных молекулярных маркеров у 207 форм ячменя идентифицированы доминантные и рецессивные аллели участвующих в контроле продолжительности периода всходы-колошение генов Ppd и VRN. Рассмотрены основные методы подбора родительских пар для скрещивания в селекции самоопыляющихся культур. В соответствии с геномной концепцией рода в трибе Triticaceae, обсуждается видовой состав рода *Elymus* L. Приведена краткая история создания Русского ботанического общества и секции культурных растений РБО.

Табл. 24, рис. 21, библиогр. 295 назв.

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

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. Vol. 178. Iss. 1. SPb., 2017. 160 p.

Plant explorations carried out in the northwestern Baikal region helped to identify areas with the richest diversity of crop wild relatives' species. The results of introduction of fruit and berry crop plants in the Buzuluksky Bor National Park are summarized. Oat accessions from the VIR collection have been studied in the environments of Altai, and the breeding material of oats provided by the breeders of the Moscow Research Institute of Agriculture has been assessed in the north of Russia (Kotlaskoye Federal Enterprise). Characteristics of the new malting spring barley cultivar 'Omsky 100' are presented. The gene pool of apricot in the Southern Urals has been analyzed with regard to important economic traits: winter hardiness, fruit quality, etc. Distant hybrids of the genus *Ribes* L. have been studied in the Russian North-West, and a connection between anomalous morphological features of the pollen wall structure and the pollen fertility level has been demonstrated in the studied samples. High overall and seasonal variability of the Krasnodar *Schizaphis graminum* population has been detected in its virulence to sorghum resistance genes. The late blight resistance data are presented for potato varieties and breeding clones from the VIR and LENNIISKh collections, and the results of molecular screening are described for 103 domestically bred potato cultivars tested for the presence of markers associated with the H1 and Gro1-4 genes of resistance to the Ro1 pathotype of golden potato nematode (*Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr). Allele-specific molecular markers have been used to identify dominant and recessive alleles participating in controlling the duration of the sprouting-heading period by the Ppd and VRN genes in 207 barley forms. Principal methods of selecting parental pairs for crosses in self-pollinating crop breeding are described. The genomic concept of the genus in the Triticaceae tribe is used to discuss the specific composition of the genus *Elymus* L. A brief history of the Russian Botanical Society (RBS) and its Section of Cultivated Plants is presented.

Табл. 24, Fig. 21, Ref. 295.

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

© Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт
генетических ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
2017

МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-5-21

УДК 582.5/.9+633/635:581.9

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**М. О. Бурляева¹,
Д. А. Кривенко^{2,3}, С. Г. Каза-
новский^{2,3}**

¹Федеральный исследователь-
ский центр Всероссийский инсти-
тут генетических ресурсов расте-
ний имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петер-
бург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

²Сибирский институт физиологии
и биохимии растений Сибирского
отделения Российской академии
наук,
664033 Россия, г. Иркутск, ул.

Лермонтова, д. 132
e-mail: krivenko.irk@gmail.com

³Иркутский научный центр Сибир-
ского отделения Российской ака-
демии наук,
664033 Россия, г. Иркутск, ул.
Лермонтова, д. 134

Ключевые слова:

*экспедиция, генетические ре-
сурсы, кормовые культуры,
зернобобовые культуры,
триба Viciae, Lathyrus, Vicia,
эндемики, Прибайкалье*

Поступление:

19.10.2017

Принято:

17.11.2017

ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ 2014 ГОДА)

Актуальность. Флора Прибайкалья чрезвычайно гетерогенна, в ней присутствуют представители различных флористических комплексов, поясно-зональных и экологических групп. В регионе произрастает большое число эндемиков, редких видов различного генеза и диких родичей культурных растений (ДРКР), представляющих интерес для хозяйственного использования. Огромное разнообразие растительности Прибайкалья издавна привлекало внимание исследователей. Тем не менее, обширность территории, труднодоступность многих районов до сих пор не позволили в полной мере изучить растительные ресурсы края. Продолжение изучения и мобилизация ценных образцов, форм и видов из природных растительных сообществ Прибайкалья позволит сохранить биоресурсы и расширить ассортимент культур, используемых человеком. **Методы.** Маршрут экспедиции проходил по Баяндаевскому, Качугскому, Жигаловскому, Казаченско-Ленскому, Ольхонскому и Эхирит-Булагатскому районам Иркутской обл. и Северо-Байкальскому району Республики Бурятия. Работы проводились маршрутно-экспедиционным методом с 04 по 18 августа 2014 г. Протяженность маршрута составила 2701 км. Координаты и высоты над уровнем моря (н. у. м.) мест сбора определялись при помощи навигатора GPS-навигатора Garmin etrex 20x. **Результаты.** Изучена растительность на северо-западе Прибайкалья и выявлены районы наиболее богатые по видовому составу ДРКР. Описано 37 фитоценозов, собрано 102 образца семян и отводков 56 видов (23 родов) диких родичей кормовых, зернобобовых, плодовых, зерновых и технических культур, в том числе 5 эндемиков, включенных в Красные книги РФ, Иркутской обл. и Республики Бурятия. Многие виды впервые дополнили коллекцию ВИР и заслуживают по своим ценным биологическим признакам интродукционного испытания и вовлечения в селекцию.

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

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-5-21

ORIGINAL ARTICLE

**M. O. Burlyaeva¹,
D. A. Krivenko^{2,3},
S. G. Kazanovsky^{2,3}**

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

²Siberian Institute of Plant Physiology & Biochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 132 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia e-mail: krivenko.irk@gmail.com

³Irkutsk Scientific Center of the Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 134 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia

Key words:

collecting mission, plant genetic resources, forage crops, grain legumes, Viciae tribe, Lathyrus, Vicia, endemics, Baikal region of Russia

Received:

19.10.2017

Accepted:

17.11.2017

CROP WILD RELATIVES IN THE NORTHWESTERN BAIKAL REGION (ACCORDING TO THE MATERIALS OF THE 2014 COLLECTING MISSION)

The flora of the Baikal region is extremely heterogeneous, with representatives of various floristic complexes, geographic zones and ecological groups. Growing in the region are a large number of endemics, rare species of various origins, and crop wild relatives (CWR) of interest for economic use. The enormous diversity of the vegetation of the Baikal region has for a long time attracted the attention of researchers. Nevertheless, the vastness of the territory, and the inaccessibility of many areas still did not allow explorers to fully study the plant resources of the region. Continuation of the study and mobilization of valuable samples, forms and species from the natural plant communities of the Baikal region will enhance preservation of bioresources and expand the range of crops used by man. The collecting mission's route passed through Bayandayevsky, Kachugsky, Zhigalovsky, Kazachensky-Lensky, Olkhonsky and Ekhirit-Bulagatsky districts of Irkutsk Province and the North Baikal district of the Republic of Buryatia. The work was carried out by the route surveying method from August 4 to August 18, 2014. The length of the route was 2701 km. Coordinates and elevations above sea level of the collection sites were determined using the GPS navigator Garmin etrex 20x. The vegetation in the north-west of the Baikal region was studied. The areas with the richest species-specific diversity of CWR were identified. Thirty-seven phytocenoses were described, 102 seed samples of 56 species (23 genera) representing wild relatives of fodder, legume, fruit, cereal and fiber crops were collected, including 5 endemics included in the Red Data Books of the Russian Federation, Irkutsk Province and the Republic of Buryatia. Many species replenished the VIR collection for the first time; due to their valuable biological characteristics, they deserve to undergo introductory testing and be used in breeding programs.

Введение

Байкальский регион расположен в центре Азии, отличается неоднородностью рельефа, сложной экологической структурой, многообразием вариаций климатических условий, почвенного покрова, ландшафтов и растительности. На его территории встречаются четыре крупные природные области – Средне-сибирская таежная, Южносибирская гольцово-горно-таежная, Байкало-дзугджурская гольцово-горно-таежная, Центрально-азиатская пустынно-степная. Регион характеризуется высоким фиторазнообразием. Во флоре распространены виды растений с трансголарктическим, транспалеарктическим, европееко-сибирским, сибирско-дальневосточным, центрально-азиатским и др. типами ареалов. На равнинных территориях Прибайкалья в бассейнах рек Ангара и Лена по мере продвижения с севера на юг наблюдается рост теплообеспеченности и уменьшение увлажнения, тайга постепенно заменяется лесостепью и степью – в межгорных котловинах. В горах Байкальского региона выражена высотная поясность, встречаются степные, лесостепные, лесные, альпийские и гольцовые комплексы. Во многих систематических группах растений, произрастающих в этом регионе, встречаются эндемичные виды, многие из них являются узколокальными эндемиками Прибайкалья (Baicalogy, 2012).

Флора и растительность Байкальского региона неоднократно исследовалась ботаниками. Однако генофонд культурных растений и их диких родичей изучен недостаточно. Экспедиции ВИР, проводившиеся здесь ранее, не охватывали многие районы, осуществлялись на ограниченных участках исследований, были узкоспециализированы и посвящены, в основном, сбору плодовых и кормовых культур. Поэтому многие дикие родичи культурных растений (ДРКР) из местной флоры либо отсутствуют в коллекциях ВИР, либо представлены единичными образцами. Все вышесказанное послу-

жило основанием для проведения экспедиции по мобилизации генетических ресурсов растений на данной территории. Экспедиционное обследование было направлено, в первую очередь, на сбор семян и гербария диких родичей культурных растений для пополнения коллекций ВИР и Гербария Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (СИФИБР СО РАН. Больше внимание во время полевых работ было уделено поиску и изучению представителей семейства Fabaceae Lindl., особенно трибе *Vicieae* Bronn., т. к. большинство диких видов этого семейства, растущих в Прибайкалье, представлены в коллекции ВИР незначительным числом образцов. Необходимость сбора материала в данном регионе была обусловлена и тем, что в исследуемых флористических районах произрастает большое число полиморфных видов, отличающихся значительной пластичностью и изменчивостью морфологических признаков: *Lathyrus palustris* L., *L. pilosus* Cham., *Vicia baicalensis* (Turcz.) Fedtsch., *V. unijuga* A. Br., *V. venosa* (Willd. ex Link) Maxim. и др. Для установления границ таких видов и их правильной идентификации при работе с коллекциями ВИР необходимо изучение большого числа представителей. Кроме того, участники экспедиции работают над решением проблем классификации и филогении трибы *Vicieae* на основе анализа молекулярно-генетического полиморфизма ее представителей, выявлением среди них криптических видов (Burlyaeva et al., 2016; Krivenko, Burlyaeva, 2016), что важно для познания эволюции и видообразования, а также для охраны редких и хозяйственно ценных видов. Это, в свою очередь, требует привлечения в исследование материала из разных частей ареала, охватывающего все биологическое разнообразие анализируемых таксонов. Основными задачами экспедиции по территории северо-запада Прибайкалья были:

– сбор семян для пополнения коллекций семян диких родичей культурных растений ВИР;

– сбор гербария диких родичей культурных растений флоры Прибайкалья, для гербарной коллекции ВИР;

– сбор семян и вегетативных частей растений диких видов трибы *Viciaeae* для морфологического и молекулярно-генетического изучения.

Методы

Маршрут экспедиции проходил по Баяндаевскому, Качугскому, Жигалов-

скому, Казаченско-Ленскому, Ольхонскому и Эхирит-Булагатскому районам Иркутской обл. и Северо-Байкальскому району Республики Бурятия. Протяженность маршрута составила 2701 км.

Работы проводились маршрутно-экспедиционным методом с 04 по 18 августа 2014 г. Путь следования экспедиционного отряда показан на карте (рис. 1) и в списке мест сбора образцов (таблица). Координаты и высоты над уровнем моря (н. у. м.) мест сбора определялись при помощи навигатора GPS-навигатора Garmin etrex 20x.



▲ – места сбора, collection sites

Рис. 1. Карта района экспедиционного обследования, осуществленного на территории северо-западного Прибайкалья (2014 г.)
Fig. 1. Map of the plant explorations carried out in the area to the northwest of Lake Baikal (2014)

Результаты и обсуждение

В ходе экспедиции было обследовано 37 местонахождений и собран гербарий (74 листа) представителей сорных и диких родичей культурных растений для проведения кариологических, биохимических, анатомических и молекулярных исследований в методических лабораториях ВИР, БИН РАН и СИФИБР СО РАН (см. таблицу). В 31 пункте собрано 102 образца семян и отводков диких родичей кормовых, зернобобовых, технических и плодовых культур, относя-

щихся к 56 видам. Из них: *Agropyron distichum* (Georgi) Peschkova (1), *Bromopsis korotkiji* (Drobow) Holub (2), *Deschampsia turczaninowii* Litv. (3), *Astragalus olchonensis* Gontsch. (4) и *A. sericeocanus* Gontsch. (5) – эндемы Прибайкалья. Вид (2) включен Красную книгу Иркутской обл. (Red Data Book..., 2010) (далее – ККИО), вид (3) – в Красную книгу Российской Федерации (Red Data Book..., 2008) (далее – ККРФ), ККИО и Республики Бурятия (Red Data Book..., 2013) (далее – ККРБ), вид (4) – в ККРФ и ККИО, вид (5) – в ККРБ.

Таблица. Места сбора образцов семян и гербария в Иркутской обл. и Республике Бурятия
Table. Seed and herbarium collection sites in Irkutsk Province and the Republic of Buryatia

Местонахождение	Координаты, высота над ур. м.	Названия видов
<i>Иркутская обл.</i>		
Баяндаевский р-н, окр. п. Баяндай, подлесок березового леса	N 53°01' E 105°28'	Гербарий: <i>Artemisia siversiana</i> Willd., <i>A. tanacetifolia</i> L., <i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng., <i>Vicia unijuga</i> A. Br.
Баяндаевский р-н, окр. п. Хандагай, подлесок обочина дороги, рядом с лесом	N 53°11' E 105°48' h-677 м	Семена: <i>Elymus sibiricus</i> L., <i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC, <i>Vicia multicaulis</i> Ledeb., <i>V. cracca</i> L., <i>V. amoena</i> Fisch., <i>V. unijuga</i> Гербарий: <i>Lathyrus humilis</i> , <i>V. amoena</i> , <i>Vicia unijuga</i> , <i>Vicia multicaulis</i> Ledeb., <i>Artemisia commutata</i> Besser, <i>A. mongolica</i> (Besser) Fischer ex Nakai, <i>A. scoparia</i> Waldst. et Kit., <i>A. sericea</i> Weber
Качугский р-н, окр. п. Качуг (2 км), подлесок соснового леса	N 53°59' E 105°48' h-561 м	Гербарий: <i>Lathyrus humilis</i>
Качугский р-н, окр. п. Шишкина, «Шишкинские писаницы», сухой каменистый склон около р. Лены рядом с распадком, поросшим основным лесом	N 54°00'21" E 105°42'28.7" h-519 м	Семена: <i>Elymus sibiricus</i> L., <i>Medicago falcata</i> L. Гербарий: <i>Vicia baicalensis</i> (Turcz.) Fedtsch., <i>Artemisia frigida</i> Willd., <i>A. karavajevii</i> Leonova
Жигаловский р-н, п. Петрово, рядом с огородом около забора	N 54°29'36.4" E 105°13'29.4" h-454 м	Семена: <i>Vicia cracca</i>
Жигаловский р-н, 17 км от п. Жигалово, окрестности п. Пономарева, сосново-елово-лиственничный лес	N 54°34'54.2" E 105°12'10.8" h-464 м	Гербарий: <i>Vicia baicalensis</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> L.
Жигаловский р-н, 2 км от п. Грехова, пырейно-разнотравный луг	N 54°52'39.4" E 105°30'49.0" h-651 м	Семена: <i>Lathyrus pratensis</i> Гербарий: <i>Lathyrus pratensis</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> L.
Жигаловский р-н, правый берег р. Орлинга	N 55°25'41.9" E 106°20'56.6" h-438 м	Гербарий: <i>Lathyrus palustris</i> L.
Жигаловский р-н, кардон Жигаловского зверопромхоза, берег р. Орлинга, зеленомошный еловый лес	N 55°25'39.4" E 106°20'56.4" h-655 м	Семена, отводки: <i>Ribes nigrum</i> L. Гербарий: <i>Vicia baicalensis</i> , <i>Vicia venosa</i> (Willd. ex Link) Maxim.

Местонахождение	Координаты, высота над ур. м.	Названия видов
Жигаловский р-н, около дороги в разреженном лиственничном подросте, на каменистой сухой почве	N 55°24'29.4" E 106°39'00.4" h-834 м	Семена: <i>Elymus caninus</i> (L.) L., <i>E. sibiricus</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> , <i>Vicia baicalensis</i>
Казачинско-Ленский р-н, около дороги из п. Жигалово в п. Окунайский, лиственничник кустарниковый осоково-зеленомошный (заболоченный)	N 55°34'46" E 107°19'22.1"	Семена, отводки: <i>Ribes procumbens</i> Pall., <i>Lathyrus pratensis</i> , <i>Vicia baicalensis</i>
Казаченско-Ленский р-н, окрестности п. Улькан, обочина дороги, рядом с ивняком	N 55°55'08" E 107°47'53.4" h-395 м	Семена: <i>Bromopsis inermis</i> (Leysser) Holub, <i>Elymus sibiricus</i> .
Казаченско-Ленский р-н, берег Кунерминского озера, елово-сосново-лиственничный лес	N 55°45'44.7" E 108°25'41.1" h-530 м	Семена: <i>Poa palustris</i> L., <i>Elymus sibiricus</i> , <i>E. caninus</i>
Казаченско-Ленский р-н, в 15 км от п. Кунерма, засоленное оз. Холодное	N 55°56'51.1" E 107°29'52.4" h-425 м	Семена: <i>Agrostis gigantea</i> Roth, <i>Elymus sibiricus</i> , <i>Vicia cracca</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> Гербарий: <i>Lathyrus palustris</i> , <i>L. pratensis</i>
Казаченско-Ленский р-н, 78 км от п. Окунайский по направлению к п. Жигалово, правый берег реки Харахикта, разнотравный луг у дороги	N 55°33'58.9" E 107°16'18.8" h-831 м	Семена, отводки: <i>Ribes procumbens</i> , <i>Beckmannia syzigachne</i> , <i>Elymus mutabilis</i> (Drobov) Tzvelev, <i>E. sibiricus</i> , <i>E. transbaicalensis</i> (Nevski) Tzvelev, <i>Festuca pratensis</i> Huds., <i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., <i>Vicia cracca</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> . Гербарий: <i>Lathyrus pratensis</i>
Жигаловский р-н, обочина березово-кедрово-елового зеленомошного леса	N 55°13'34" E 106°03'58.4" h-1079 м	Семена: <i>Lonicera altaica</i> Pallas ex DC, <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.
Жигаловский р-н, просека в березово-кедрово-еловом зеленомошном лесу, разнотравье	N 55°13'34" E 106°03'58.4" h-1079 м	Семена: <i>Vicia baicalensis</i>
Жигаловский р-н, окр. с. Петрово, сосновый лес	N 54°31'12" E 105°13'39" h-453 м	Гербарий: <i>Lathyrus humilis</i> , <i>Vicia amoena</i> , <i>V. baicalensis</i>
Качугский р-н, берег р. Лены, сухой каменистый склон+разнотравный луг	N 54°00'06.6" E 105°43'07.4" h-501 м	Семена, отводки: <i>Ribes nigrum</i> , <i>Agropyron cristatum</i> (L.) Beauv., <i>Bromopsis australis</i> (Zherebina) Tzvelev & Prob., <i>Achnaterum sibiricum</i> (L.) Keng ex Tzvelev, <i>Elymus gmelinii</i> (Ledeb.) Tzvelev, <i>Festuca pratensis</i> , <i>Carum carvi</i> L., <i>Allium ramosum</i> L., <i>A. stellerianum</i> Willd., <i>Vicia amoena</i> Гербарий: <i>Lathyrus palustris</i> , <i>Artemisia karavajevii</i> Leonova, <i>A. santolinifolia</i> Turcz. ex Besser
Баяндаевский р-н, смешанный лес	N 53°01'11.5" E 105°37'48.0" h-767 м	Семена: <i>Vicia baicalensis</i> Гербарий: <i>Lathyrus humilis</i> , <i>Vicia unijuga</i>
Ольхонский р-н, оз. Байкал, о. Ольхон, залив Хул, основание п-ова Кобылья голова, ковыльно-полынная степь	N 53°04'25" E 106°56'57" h-465 м	Семена: <i>Agropyron distichum</i> (Georgi) Peschkova (1), <i>Deschampsia turczaninowii</i> (1,2,3,4), <i>Achnaterum sibiricum</i> , <i>Stipa baicalensis</i> Roshev., <i>Elymus sibiricus</i> , <i>Astragalus lupulinus</i> Pall., <i>Linum sibiricum</i> DC., <i>Allium ramosum</i> Гербарий: <i>Artemisia frigida</i> , <i>A. ledebouriana</i> Besser (1,3), <i>A. vulgaris</i> , <i>A. mongolica</i>
Ольхонский р-н, оз. Байкал, о. Ольхон, окрестности оз. Шара-Нур, сухой сосновый лес	N 53°06'52.9" E 107°13'36.7" h-787 м	Семена: <i>Achnaterum sibiricum</i> , <i>Oxytropis strobilaceae</i> Bunge, <i>O. turczaninowii</i> Jurtzev, <i>Astragalus suffruticosus</i> DC, <i>A. rtyensis</i> Stepantsova, <i>A. inopinatus</i> Boriss., <i>Linum sibiricum</i> Гербарий: <i>Artemisia ledebouriana</i> (1,3), <i>A. drancunkulus</i> L., <i>A. frigida</i>

Местонахождение	Координаты, высота над ур. м.	Названия видов
Ольхонский р-н, о. Ольхон, окрестности п. Хужир, берег оз. Байкал, поляна рядом с сосново-лиственничным лесом	N 53°11'03.2" E 107°17'13.5" h-478 м	Семена: <i>Leumus secalinus</i> (Georgi) Tzvelev. Гербарий: <i>Artemisia ledebouriana</i> (1,3)
Ольхонский р-н, о. Ольхон, п. Песчаная, песчаный берег оз. Байкал сосновое редколесье	N 53°16' E 107°34' h-480 м	Семена: <i>Bromopsis korotkiji</i> (Drobow) Holub (1,3), <i>Oxytropis lanata</i> (Pallas) DC, <i>Astragalus olchonensis</i> Gontsch. (1,2,3) Гербарий: <i>Artemisia ledebouriana</i> (1,3)
Ольхонский р-н, оз. Байкал, о. Ольхон, мыс Хужирский, песчано-каменистая сбитая степь	N 53°11'03.2" E 107°17'14.2" h-767 м	Гербарий: <i>Artemisia palustris</i> L., <i>A. vulgaris</i>
Ольхонский р-н, оз. Байкал, о. Ольхон, берег оз. Байкал, сухой склон	N 53°01'24.5" E 106°55'59.5" h-474 м	Семена: <i>Linum sibiricum</i>
Ольхонский р-н, оз. Байкал, п-ов Улан-Хада, бухта Куркутская, сухой каменистый склон, лиственничное редколесье	N 53°01'04.6" E 106°48'27.6" h-548 м	Семена: <i>Agropyron distichum</i> (Georgi) Peschkova (1), <i>Oxytropis turczaninowii</i> , <i>O. coerulea</i> (Pallas) DC, <i>Astragalus versicolor</i> Pallas, <i>A. lupulinus</i> Гербарий: <i>Artemisia frigida</i>
Ольхонский р-н, 5 км от п. Еланцы, побережье оз. Байкал, бухта Ая, каменистый склон	N 52°47'17.5" E 106°36'08.6" h-455 м	Семена: <i>Agropyron distichum</i> (Georgi) Peschkova (1), <i>Oxytropis coerulea</i> (Pallas) DC Гербарий: <i>Artemisia cuspidata</i> Krasch., <i>A. ledebouriana</i> (1,3), <i>A. xylorhiza</i> Krasch. ex Filatova
Эхирит-Булагатский р-н, в 13 км от п. Усть-Ордынский по дороге на г. Иркутск, обочина дороги	N 52°41'20.4" E 104°35'37.5" h-480 м	Семена: <i>Bromopsis inermis</i> (Leysser) Holub
Республика Бурятия		
Северо-Байкальский р-н, окр. г. Северобайкальск, оз. Байкал, заболоченный луг за береговым валом	N 55°35'42.7" E 109°18'23.5" h-455 м	Семена: <i>Hordeum jubatum</i> L., <i>Beckmannia syzigachne</i> (Steudel) Fern., <i>Glyceria triflora</i> (Korch.) Kom., <i>Deschampsia turczaninowii</i> Litv. (1,2,3,4), <i>Lathyrus palustris</i> L. Гербарий: <i>Lathyrus palustris</i>
Северо-Байкальский р-н, г. Северобайкальск, обочина дороги	N 55°38'00" E 109°19'00" h-500 м	Семена: <i>Elymus sibiricus</i>
Северо-Байкальский р-н, по дороге от г. Северобайкальск к г. Нижнеангарск, в 10 км, берег оз. Байкал, около монумента строителям БАМа	N 55°41'52" E 109°26'53.4" h-463 м	Семена: <i>Vicia cracca</i>
Северо-Байкальский р-н, окр. г. Нижнеангарск, берег оз. Байкал, песчаная коса, около заболоченного луга	N 55°46'39.3" E 109°37'12.6" h-452 м	Семена: <i>Hordeum jubatum</i> , <i>Astragalus inopinatus</i> Boriss., <i>Vicia nervata</i> Sipl., <i>Lathyrus palustris</i> , <i>L. humilis</i> Гербарий: <i>Vicia nervata</i> , <i>Lathyrus palustris</i> , <i>L. humilis</i>
Северо-Байкальский р-н, окрестности г. Нижнеангарск, оз. Байкал, о. Ярки, песчаный берег	N 55°45'48.3" E 109°42'03.6" h-521 м	Семена: <i>Festuca baicalensis</i> (Grieseb.) Krecz. & Bobrov, <i>Astragalus sericeocanus</i> Gontsch. (1), <i>Vicia cracca</i> , <i>Lathyrus palustris</i> , <i>L. pratensis</i> Гербарий: <i>Lathyrus palustris</i>
Северо-Байкальский р-н, в 15 км от г. Северобайкальск, правый берег р. Тья, около моста	N 55°45'10.1" E 109°18'08.3" h-516 м	Семена: <i>Astragalus frigidus</i> (L.) A. Gray Гербарий: <i>Vicia cracca</i>

Примечание к таблице. 1 – эндемичный вид, 2 – вид в Красной книге РФ (Red Data Book..., 2008), 3 – вид в Красной Книге Иркутской обл. (Red Data Book..., 2010), 4 – вид в Красной книге Республики Бурятия (Red Data Book..., 2013).

**Исследованные районы
(местонахождения)
Иркутская область**

Большую часть территории Иркутской области занимают леса. Согласно докладу о состоянии и использовании земель за 2013 год, подготовленному управлением Росреестра по региону, их территория – 89,48% от общей площади земельного фонда области (69333,9 тыс. га). Остальные шесть категорий земель составляют всего 10,52%. На долю земель сельскохозяйственного назначения приходится 3,74% (2894,9 тыс. га), земли населенных пунктов занимают всего 0,5% (384,4 тыс. га), земли промышленности и иного специального назначения – 0,74% (574 тыс. га). Земли запаса составляют 0,65% (503,3 тыс. га), на долю земель особо охраняемых территорий и объектов приходится 2% (1552,4 тыс. га), а на земли водного фонда – 2,89% (2241,7 тыс. га). По данным министерства природных ресурсов и экологии РФ, среди регионов России Иркутская область является самой лесной. На территории Иркутской области сохранились участки степной растительности; в горах – кедровый стланик и горная тундра. Запасы древесины составляют более 8,3 млрд. м³ (11% всех запасов России), из которых около половины хвойных и 57% спелых и перестойных. Во флоре насчитывают около 2295 видов и подвигов сосудистых растений, из них 605 видов лекарственных (Check-list..., 2008; <http://irkipedia.ru/>).

Баяндаевский район. Участниками экспедиции изучены осиново-березовые леса в пределах Предбайкальской впадины. Осиново-березовые формации широко распространены в Прибайкалье и занимают умеренно-теплые и умеренно-влажные местообитания на водораздельных пространствах и склонах разных экспозиций на высотах до 1200 м н. у. м. Обследованы леса в окрестностях п. Баяндай и п. Хандагай. В подлеске березового леса собраны *Vicia unijuga*, *Lathyrus humilis* (Ser.) Spreng. и *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. На обочинах лесных дорог среди полыней

[*Artemisia commutata* Besser, *A. mongolica* (Besser) Fischer ex Nakai, *A. sericea* Weber], *Chrysanthemum zawadskii* Herb. обнаружены и привлечены в коллекцию: *Elymus sibiricus* L., *Vicia multicaulis* Ledeb., *V. cracca* L. и *V. amoena* Fischer. Кроме того, на территории Предбайкальской впадины между п. Баяндай и п. Усть-Ордынский так же изучена растительность травяно-зеленомошного смешанного леса. Верхний ярус леса состоял из сосны, ели и березы, второй ярус был представлен рябиной сибирской, ольховником и боярышником. В подлеске найдены *Lathyrus humilis*, *Vicia unijuga* и *V. baicalensis*.

Качугский район. В бассейне верхнего течения реки Лены недалеко от п. Качуг рядом с изгибом реки был обследован сосновый лес. Сосновые леса типичны для равнин и нижнего пояса гор Предбайкалья, отличаются разнообразным травянисто-кустарничковым ярусом. В злаково-разнотравном подлеске найдены и собраны семена у *Lathyrus humilis* и *Vicia unijuga*. В этом же месте на обочине дороги, идущей вдоль лесного массива, собран образец *V. amoena*.

В окрестностях п. Шишкина на сухом каменистом склоне на высоте 519 м н. у. м. около р. Лена, рядом со скальными выступами, на которых находятся петроглифы «Шишкинские писаницы», собраны образцы *Elymus sibiricus* и *Medicago falcata* L. Эти виды обитают здесь в сообществе с участием *Artemisia frigida* Willd., *A. karavajevii* Leonova и *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt. В распадке между скалами в подлеске смешанного леса произрастала вика байкальская, растения встречались довольно редко и не имели цветков и плодов. Ниже по склону на высоте 500 м н. у. м. на скалах собраны *Allium stellerianum* Willd., *A. ramosum* L., *Agropyron cristatum* (L.) Beauv. и *Achnatherum sibiricum* (L.) Keng ex Tzvelev. На надпойменной террасой р. Лена на разнотравно-полюнно-злаковом остепненном лугу были найдены *Festuca pratensis* Huds., *Elymus gmelinii* (Ledeb.) Tzvelev, *Bromopsis australis* (Zherebina) Tzvelev & Prob.,

Carum carvi L., *Vicia amoena*. Виды росли среди клевера и полыней (*Artemisia karavajevii* и *A. santolinifolia* Turcz. ex Besser). В пойме реки так же были обнаружены кусты смородины черной (*Ribes nigrum* L.). Растения находились в стадии плодоношения и выделялись большим числом мелких черных ягод.

Жигаловский район расположен на Ленно-Ангарском плато. Основную часть района занимают леса (95,5%), из которых почти половина отнесена к природоохранным, на долю сельскохозяйственных угодий приходится 1,9% территории (Vinokurov, 2010). Преобладают хвойные разновозрастные леса. Коренными являются темнохвойные, состоящие из кедра, пихты и ели. Удаленность лесов и слабая транспортная доступность сохранила эти леса от вырубki. Встречаются и молодые, возникающие после вырубok и лесных пожаров, светлохвойные леса из сосны и лиственницы. Темнохвойные леса занимают территорию с хорошей влагообеспеченностью. Обследован участок еловой формации на склоне берега р. Орлингa вблизи от кордона Жигаловского зверопромхоза. В кустарниковом ярусе произрастали можжевельник сибирский, жимолость Палласа, смородина черная, шиповник. Особи смородины характеризовались крупными ягодами и хорошей продуктивностью. Среди кустарничков наиболее характерными были брусника и черника. В лесном разнотравье найдены *Lathyrus humilis*, *Vicia venosa* и *V. baicalensis*. На правом берегу р. Орлингa около воды обнаружен *Lathyrus palustris*.

Наиболее часто в Предбайкалье встречаются леса кедровой формации, они произрастают на склонах разной экспозиции до высот 1600 м н. у. м. Изучен кедрово-еловый бруснично-зеленомошный лес на высоте 1079 м н. у. м. на водоразделе рек Орлингa и Чичатта. В кедровниках часто попадались места, на которых проводится заготовка кедрового ореха с разными приспособлениями для переработки кедровых шишек в полевых условиях. Около одного из таких мест в кустарниковом ярусе леса участниками экспедиции

найжены и собраны ягоды жимолости алтайской. На лесной просеке недалеко от лесной дороги, рядом с биваком промысловиков орехов собраны семена *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.

При обследовании светлохвойного сосново-елово-лиственничного леса в окрестностях п. Пономарева в подлеске найден *Vicia baicalensis*, на обочине леса – *Lathyrus pratensis* L. В сосновом лесу в районе п. Петрово нередко встречались *Lathyrus humilis* и *V. baicalensis*, на краю леса около дороги произрастала *Vicia amoena*.

Лиственничные леса приурочены к территории с недостаточным увлажнением и повышенной континентальностью климата. В бассейне р. Орлингская Нюча участниками экспедиции исследован молодой лиственничный лес, произрастающий на сухой каменистой почве. Недалеко от грунтовой дороги в подлеске леса наблюдался несомкнутый травяной покров, в нем найдены *Elymus caninus* (L.) L., *E. sibiricus*, *Lathyrus pratensis*, *Vicia baicalensis*, растения произрастали совместно с *Castilleja rubra* (Drobow) Rebrist и *Equisetum* sp.

Типичные луга редко встречаются на территории района. Занимают низменные прибрежные места. В 2 км от п. Грехова в пойме р. Тутура на пырейно-разнотравном лугу среди *Elytrigia repens* (L.) Desv. Ex Nevski, *Plantago depressa* Schltl., *Tanacetum vulgare* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Artemisia vulgaris* L. и др. собраны семена *Lathyrus pratensis*.

Данный район мало населен, в деревнях многие дома покинуты. Некоторые поселения состоят из нескольких домов. Местные жители района традиционно больше занимаются охотой, рыболовством, сбором орехов, ягод и грибов, на лесозаготовительных работах, меньше – растениеводством и животноводством.

В настоящее время немногочисленные сельскохозяйственные угодья, имеющиеся в районе, не обрабатываются, огороды зарастают сорняками. В п. Петрово на заброшенном приусадебном участке, рядом с развалившимся домом,

среди сорняков собраны семена вики мышинной.

Казаченско-Ленский район расположен в Предбайкальской впадине и северной части Байкальского хребта. 85% территории занято лесами, преимущественно хвойных пород (сосна, ель, пихта, сибирский кедр и лиственница). Район находится за пределами зоны сельскохозяйственного освоения. Большая часть населения занята в лесозаготовительной и деревоперерабатывающей отраслях (Check-list..., 2008; <http://irkipedia.ru/>).

Байкальский хребет.

На склоне Байкальского хребта на высоте 850 м н. у. м. изучена растительность темнохвойного елово-пихтового баданово-зеленомошного леса с доминированием *Abies sibirica* Ledeb. В подлеске из диких родичей культурных растений наблюдалась только молодая пополь рябины сибирской.

Ниже по склону на высоте 530 м н. у. м. близ п. Кунерма недалеко от Кунерминского озера в зеленомошном елово-сосново-лиственничном лесу в кустарничковом ярусе произрастали черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусника – *V. vitis-idaea* (L.) Aurogin. В лесном разнотравье характерными были бадан толстолистный, щитовник захватывающий, майник двулистный. В кустарничковом ярусе довольно часто встречалась рябина сибирская. От особей рябины, выделявшихся крупноплодностью, собраны плоды.

По берегам Кунерминского озера участки хвойного леса чередовались с березняками, изредка встречались рошцы чозении – *Chosenia arbutifolia* (Pall.) A. Skvortsov – редкого вида, внесенного в ККИО И ККРБ. В березовом редколесье недалеко от грунтовых дорог в разнотравье (*Achillea* sp., *Trifolium* sp. и др.) собраны *Festuca pratensis* Huds., *Poa palustris* L., *Elymus caninus* и *E. sibiricus*.

В Предбайкальской впадине по дороге от п. Жигалово к п. Окунайский экспедиционным отрядом исследован заболоченный осоково-зеленомошный кустарниковый лиственничник недалеко от р. Типуй. Собраны отводки смородины моховой, или моховки (*Ribes procumbens* Pall.). В подлеске у дороги также найдены вика байкальская и чина луговая.

В 15 км к западу от п. Кунерма расположено засоленное лесное оз. Холодное, питающееся от хлоридно-кальциево-натриевых источников, находящихся в долине р. Кунермы. Берега озера заболочены и заросли тростником. На прилегающей к озеру территории собраны *Elymus sibiricus*, *Agrostis gigantea* Roth, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis* и *L. palustris*.

В окрестностях п. Улькан около железной дороги (Байкало-Амурской магистрали) рядом с обелиском (БАМ) среди кустов ивы собраны семена *Bromopsis inermis* (Leysser) Holub и *Elymus sibiricus*. В этом же местообитании наблюдалась обширная цветущая популяция *Melilotoides platycarpus* (L.) Sojak.

В бассейне р. Туколонь на правом берегу р. Харахикта рядом с Государственным природным заказником «Туколонь» была исследована флора прибрежных местообитаний (заболоченные луга и ивняки). На разнотравно-злаково-осоковом лугу среди куртин курильского чая, клевера среднего найдены и собраны образцы семян *Lathyrus pratensis*, *Vicia cracca*, *Festuca pratensis* Huds., *Elymus transbaicalensis* (Nevski) Tzvelev, *E. sibiricus*, *E. mutabilis* (Drobov) Tzvelev, *Beckmannia syzigachne* (Steudel) Fern. В зарослях кустарников около реки собраны отводки смородины моховой (*Ribes procumbens* Pall.) и семена *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn.

Ольхонский район. Участниками экспедиции изучена растительность о. Ольхон на полуострове Кобылья Голова около залива Хул (рис. 2).



Рис. 2. Ковыльно-полынная степь, остров Ольхон (2014 г.)
Fig. 2. The *Stipa* and *Artemisia* steppe, Olkhon Island (2014)



Рис. 3. *Deschampsia turczaninowii* Litv. (2014 г.)
Fig. 3. *Deschampsia turczaninowii* Litv. (2014)

В этой части острова долины пересекаются каменистыми холмами, склоны которых вместе с участками долин покрыты литофильной полынно-ковыльной степью, в ней доминируют полыни. Растения не образуют сплошного покрова, растут отдельными куртинами, между которыми присыпана гранитно-гнейсовой дресва (см. рис. 2). На данном участке среди *Artemisia frigida*, *A. ledebouriana* Besser, *A. vulgaris* L., *A. mongolica* (Besser) Fisch. ex Nakai, *Chrysanthemum zawadskii* Herb., *Centaurea scabiosa* L. обнаружены и собраны семена *Agropyron distichum* (Georgi) Peschkova, *Achnaterum sibiricum* (L.) Keng ex Tzvelev, *Stipa baicalensis* Roshev., *Astragalus lupulinus* Pall., *Linum*

sibiricum DC., *Allium ramosum* L. На берегу озера у самой кромки воды между камнями образцы *Elymus sibiricus* и *Deschampsia turczaninowii* Litv. (рис. 3.).

На мысе Хужирский исследован прибрежный скалистый утес и прилегающий к нему склон с песчано-каменистой сбитой степью. Растения, произрастающие на данной территории, были практически уничтожены из-за перевыпаса мелкого рогатого скота, только кое-где в расщелинах наблюдались объединенные экземпляры полыни (*Artemisia palustris* L., *A. vulgaris*), *Centaurea scabiosa*, *Allium* sp., *Stellaria* sp. и злаков. В районе Ольхонской пристани на побережье залива Ташкайская губа осмотрен еще один каменистый склон, занятый степной растительностью. На нем преобладали типчаковые сообщества. У подножия склона, на берегу озера выявлена обширная популяция *Linum sibiricum*. Растения льна имели высокие до 1 м длиной стебли и многочисленные крупные коробочки. Значительную часть острова Ольхон занимают сосновые и лиственничные леса. Обследован участок сухого соснового леса в окрестностях соленого оз. Шара-Нур, расположенного в средней части острова. Травяной ярус в лесу не образует сплошного ковра и представлен небольшим числом видов. В нем нередко встречались *Chrysanthemum zawadskii* Herb., *Artemisia ledebouriana* Besser, *A. drancunkulus* L., *A. frigida*. Здесь собраны *Oxytropis strobilaceae* Bunge, *O. turczaninowii* Jurtzev, *Astragalus suffruticosus* DC., *A. inopinatus* Boriss., а также выявлено новое местонахождение эндемика Прибайкалья *A. rutyensis* Stepantsova (Krivenko, 2016), ранее вид был известен только с материкового побережья (Stepantsova, Krivenko, 2015). Рядом с лесом на обочине проселочной дороги найден *Achnatherum sibiricum*. На разнотравном сенокосном лугу, находящемся около леса, обнаружена популяция *Linum sibiricum*. Большая часть лесных массивов расположена на северо-востоке острова, небольшие участки леса можно встретить и на северо-западном побережье. В

окрестностях п. Хужир обследован участок сухого сосново-лиственничного леса, граничащий со степью. В его подлеске наблюдались непроходимые заросли рододендрона даурского, встречалась *Artemisia ledebouriana* и другие степные виды. На краю леса собран образец *Leumus scalinus* (Georgi) Tzvelev. Следует отметить, что на прилежащих к лесу полях ведется интенсивный выпас скота, растения на них сильно объедены и вытоптаны, и находятся в угнетенном состоянии. Песчаные образования по берегам Байкала – уникальное явление природы Прибайкалья, они подобны дюнам морских побережий. На о. Ольхон песчаные отложения имеют эоловое происхождение и располагаются на западном берегу в береговой зоне заливов. Они покрыты разреженной псаммофит-ной растительностью или оголены. Участниками отряда исследованы дюны в районе п. Песчаная на побережье залива Нюрганская губа. На песках по песчаным холмам разбросаны отдельные деревья сосны, единичные особи *Artemisia ledebouriana*, *Bromopsis korotkiji* (Drobow) Holub и *Oxytropis lanata* (Pall.) DC., здесь же сосредоточена основная часть ареала *Astragalus olchonensis* Gontsch. (рис. 4). На материковом берегу оз. Байкал, противоположном о. Ольхон, в районе пролива Ольхонские Ворота флора и растительность аналогичны ольхонской. Степные склоны, идущие от берега вглубь материка, как и скалистые хребты, так же подобны ольхонским. Лесов нет, изредка встречаются одиночные лиственницы или небольшие группы деревьев этого вида. На материковом полуострове Улан-Хада недалеко от бухты Куркутская обследован типичный сухой каменистый склон, на котором произрастали единичные особи лиственницы. В данном местообитании преобладали формации житняковой ассоциации. Каменистая почва была покрыта лишайниками, на ней были обычны *Artemisia frigida*, *Stellaria* sp., злаки. Собраны образцы семян *Agropyron distichum*, *Oxytropis coerulea* (Pall.) DC. и *Oxytropis turczaninowii* Jurtzev.



Рис. 4. Узколокальный эндемик о. Ольхон –
Astragalus olchonensis Gontsch. (2014 г.)

Fig. 4. *Astragalus olchonensis* Gontsch., endemic to Olkhon Island (2014)

На западном побережье озера Байкал вблизи южной окраины уникальной Тажеранской степи (недалеко от с. Еланцы) находится очень живописная бухта Ая. Она имеет ширину около 600 м. С юга и севера бухту окружают скалы, с выходами мрамора, между ними находится обширный степной склон. За исключением березовой рощицы, выросшей под крутым склоном на южной оконечности бухты, деревьев здесь нет. Сама Тажеранская степь – это кусочек степной Монголии, перенесенный на север, в зону тайги. Подобного места в Иркутской области больше нигде нет. Не случайно именно на этой территории произрастают виды, родственные связи которых прослеживаются в степях и пустынях Центральной Азии. Яркими представителями, демонстрирующими эти связи, являются – *Oxytropis tragacanthoides* Fisch. ex DC., *O. triphylla* (Pall.) Pers. и *Craniospermum subvillosum* Lehm. На каменистых склонах скал,

окружающих бухту, росли *Artemisia cuspidata*, *A. ledebouriana*, *A. xylorhiza* Krasch. ex Filatova, *Iris humilis* Georgi, *Ephedra monosperma* C.A. Mey., *Scabiosa comosa* Fisch. ex Roem. et Schult., *Orostachys spinosa* (L.) C.A. Mey., *Orobancha* sp., *Rheum rhabarbarum* L., *Allium* sp., собраны семена *Oxytropis coerulea* (Pall.) DC. и *Agropyron distichum*.

Эхирит-Булагатский район. Большая часть территории района занята лесостепью. Здесь луговые степи по речным долинам чередуются с сосново-лиственными лесами, покрывающими возвышенности и водоразделы. Приблизительно половина земельных ресурсов региона занята сельскохозяйственными угодьями. Растительный покров представлен сложным сочетанием лесов, степей, лугов и болот. Болота и луга приурочены к поймам рек, степи – к сухим и надпойменным террасам и прилегающим к ним склонам гор, леса – к водоразделам, склонам гор и увалов. Из-за недо-

статка времени, отведенного на экспедицию, полевые работы в данном районе не проводились. На территории района собран только один образец – *Bromopsis inermis*, который рос на обочине шоссе, проходящем через смешанный лес, в 13 км от п. Усть-Ордынский по направлению к г. Иркутск.

Республика Бурятия

Бурятия располагается на границе Восточно-Сибирского горно-таежного и Центрально-азиатского степного природных районов. Этим объясняется богатство и разнообразие растительного покрова региона. Значительные межгорные понижения обуславливают высотную поясность в распределении растений. В республике выделяются гольцовый, подгольцовый, горно-таежный, лесостепной и степной пояса. Горно-таежный пояс занимает большую часть региона.

На территории Бурятии имеется 2127,8 тыс. га кормовых угодий (343,4 тыс. га сенокосов, 1784,4 тыс. га пастбищ). Площадь под сенокосами представлена преимущественно луговым типом растительности. Пастбищную растительность формируют степные (1,2 млн. га) и луговые (580 тыс. га) сообщества. Из-за широко-распространенной нерегулируемой пастыбы, намного превышающей нормы нагрузок на травостои, пастбища на площади около 300 тыс. га подвержены деградации (Апенchonov, Воjков, 2009). В Бурятии маршрут экспедиции проходил только по Северо-Байкальскому району по Байкальскому хребту и по северному побережью оз. Байкал в устье р. Верхняя Ангара.

Северо-Байкальский район. На его территории встречаются степи, лесостепи, представленные сосновыми, березовыми и лиственничными лесами, тайга с преобладанием темнохвойных пород, гольцы, болота. В пойме р. Тья обследованы разнотравно-злаковые ивняки. В кустах вместе с ивой произрастали ольховник и береза. Изредка встречались лиственница сибирская и ель сибирская.

Прибрежные кусты ивы были увиты мышинным горошком. В травяном ярусе наблюдались обширные популяции *Astragalus frigidus* (L.) A. Gray. Особи астрагала холодного характеризовались высокорослостью и хорошо развитой вегетативной сферой.

Изученный каменистый склон горы в окрестностях ж. д. ст. Даван на высоте около 1000 м н. у. м. лишен сплошного растительного покрова. Изредка встречались искривленные лиственницы. По всему склону наблюдались куртины рододендрона золотистого (*Rhododendron aureum* Georgi), ягодных кустарничков (голубики, черники, брусники), мхов и лишайников. В период нашего посещения данного местообитания наблюдалось плодоношение ягодников. Отмечена хорошая продуктивность всех видов ягодных растений.

В окрестностях г. Северобайкальск исследован заболоченный луг за береговым валом оз. Байкал. На лугу преобладали осоковые, осоково-злаковые и злаковые с примесью разнотравья сообщества. Среди ожик и осок выявлены и собраны образцы *Hordeum jubatum* L., *Beckmannia syzigachne*, *Glyceria triflora* (Korch.) Kom., *Deschampsia turczaninowii*, *Lathyrus palustris*. По дороге от г. Северо-Байкальск к г. Нижнеангарск, около железнодорожного полотна (БАМ), идущего вдоль отвесного берега оз. Байкал, рядом с памятником строителям Байкало-Амурской магистрали произрастала *Vicia cracca*. Особи вики мышинной росли на каменистой почве вместе с эфедрой, астрагалами и злаками. Недалеко от г. Нижнеангарск на песчаной косе, ведущей к стеле, поставленной в самой северной точке оз. Байкал, среди полыни, донника, кипрея найдены растущие плотными скученными группами *Hordeum jubatum* L. и *Lathyrus humilis*, и одиночные особи *L. palustris*, *Vicia nervata* Sipl., *V. cracca* и *Astragalus inopinatus* Boriss. Чина болотная, горошек жилковатый и г. мышинный встречались и на разнотравном пойменном лугу за располагающейся рядом дорожной насыпью.

В северной части оз. Байкал вблизи г. Нижнеангарск, в устье р. Верхняя Ангара находится о. Ярки. Это узкий песчаный остров, отделяющий Верхне-Ангарский залив от открытого Байкала. Его длина составляет около 14 км, ширина – от 100 до 400 м. Песчаные дюны в средней части острова покрыты кедровым стлаником – *Pinus pumila* (Pall.) Regel и кустами березы бурой – *Betula fusca* Pall. Местами на его территории встречаются

заболоченные луга. Вдоль всего южного берега небольшим числом особей в популяции среди осок и кровохлебки произрастает привлеченный нами в коллекцию ВИР эндемичный астрагал – *Astragalus sericeocanus* Gontsch. (рис. 5). В западной части острова около лиственных рошиц на небольшом лугу найдены и собраны семена *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis*, *Lathyrus palustris*



Рис. 5. *Astragalus sericeocanus* Gontsch. на южном берегу острова Ярки
Fig. 5. *Astragalus sericeocanus* Gontsch. on the southern coast of Yarki Island

Вышло в свет

Соратники Николая Ивановича Вавилова : исследователи генофонда растений : (юбилейное издание) / Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. 2-е изд., знач. перераб. и доп. СПб. : ВИР, 2017. 628 с. С приложением.

Второе дополненное издание книги «Соратники Николая Ивановича Вавилова» с подзаголовком «Исследователи генофонда растений» посвящено 130-летию со дня рождения великого ученого. В первом издании были опубликованы очерки о 78-ми ученых, работавших под непосредственным руководством Н. И. Вавилова. Настоящая книга пополнена статьями еще о 77-ми соратниках Николая Ивановича. Кроме непосредственно вировцев, к ним отнесены его ученики и коллеги по Саратовским высшим сельскохозяйственным курсам, известные организаторы науки, работавшие вместе с Н. И. Вавиловым в сельскохозяйственной академии (ВАСХНИЛ) и известные зарубежные ученые, по его приглашению приехавшие в СССР для работы.

В книге встречаются не известные и не издаваемые ранее фрагменты сохранившихся документов, а также воспоминаний тех, кому посчастливилось знать, общаться и учиться у героев нашей книги.

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

Заключение

Анализ распространения различных видов ДРКР на территории северо-западного Прибайкалья показал, что наиболее часто встречаются дикие родичи кормовых и зернобобовых культур, среди них: *Elymus sibiricus*, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis*. Самое большое разнообразие ДРКР наблюдалось в Баяндаевском р-не (в окрестностях п. Хандагай), в Казаченско-Ленском р-не (между п. Окунайский и п. Жигалово, на правом берегу р. Харахикта), в Качугском р-не (верховья р. Лены), на о. Ольхон Иркутской области и в Северо-Байкальском р-не Республики Бурятия (в окрестностях г. Северобайкальск и г. Нижнеангарск). Большая часть привлеченных в коллекцию видов произрастала на суходольных и на заливных лугах, по берегам рек и озер, на опушках лесов, и на придорожных насыпях. Среди найденных нами образцов кормовых растений наибольшее число форм и видов было собрано в родах *Astragalus* L., *Oxytropis* DC., *Vicia* L., *Elymus* L.

Из трибы *Vicieae* на северо-западе Прибайкалья нами обнаружены 10 видов вики и чины (*Vicia amoena*, *V. baicalensis*, *V. cracca*, *V. multicaulis*, *V. nervata*, *V. unijuga*, *V. venosa*, *Lathyrus pratensis*, *L. palustris*, *L. humilis*), собраны 26 образцов семян и 30 листов гербария. Этот материал был включен в комплексные молекулярно-генетические, морфолого-биологические, цитологические и

биохимические исследования. По итогам этого изучения были получены новые данные по генетическому разнообразию, биологии и дифференциации сложных комплексов видов *L. palustris* s. l. и *V. unijuga* s. l. (Burlyaeva et al., 2016; Krivenko, Burlyaeva, 2016). Интересной находкой экспедиции было выявление в новом местонахождении на о. Ольхон эндемика Прибайкалья *Astragalus rytuensis* Stepanova, ранее встречаемого только на побережье озера Байкал (Krivenko, 2016). В результате экспедиции описано 37 фитоценозов, собран гербарий (74 листа) представителей 56 видов сорных и диких родичей культурных растений и 102 образца семян и отводков из 23 родов: *Vicia*, *Lathyrus*, *Medicago* L., *Astragalus*, *Oxytropis*, *Onobrychis* Mill., *Elymus*, *Hordeum* L., *Beckmannia* Host, *Glyceria* R. Br., *Agropyron* Gaertn., *Deschampsia* P. Beauv., *Festuca* L., *Bromopsis* (Dumort.) Fourr., *Agrostis* L., *Achnatherum* P. Beauv., *Stipa* L., *Calamagrostis* Adans., *Linum* L., *Carum* L., *Allium* L., *Ribes* L., *Lonicera* L. В их число вошли как широкораспространенные, так и редкие, эндемичные виды семейства Fabaceae и Poaceae, адаптированные к местным условиям среды с резким континентальным климатом. Многие виды впервые дополнили коллекцию ВИР и заслуживают по своим ценным биологическим признакам интродукционного испытания и вовлечения в селекцию.

References/Литература

- Anenchonov O. A., Bojkov T. G. Vegetation of the Baikal region (Rastitelnost Pribajcalya) // In: Baical. Nature and people. Ulan-Ude, 2009, pp. 291–297 [in Russian] (Аненхонов О. А., Бойков Т. Г. Растительность Прибайкалья // В кн.: Байкал. Природа и люди. Улан-Удэ, 2009. С. 291–297).
- Baicalogy. Novosibirsk: Nauka, 2012, Book 1, 468 p. [in Russian] (Байкаловедение. Новосибирск: Наука, 2012. Кн. 1. 468 с.).
- Burlyaeva M. O., Krivenko D. A., Machs E. M., Sabitov A. S. Polymorphism of some species from the tribe *Vicieae* Bronn (Fabaceae Lindl.) according to the data of morphological and molecular genetic analysis // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2016, vol. 277, no. 4, pp. 79–91 [in Russian] (Бурляева М. О., Кривенко Д. А., Мачс Э. М., Сабитов А. Ш. Полиморфизм некоторых видов трибы *Vicieae* Bronn (Fabaceae Lindl.) по данным морфологического и молекулярно-генетического анализов // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2016. Т. 177. № 4. С. 79–91).
- Check-list of the vascular flora of the Irkutsk region. Irkutsk: Publishing Irkutsk State University, 2008, 327 p. [in Russian] (Конспект

- флоры Иркутской области (Сосудистые растения). Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. 327 с.).
- Irkipedia.ru*. 2015. http://irkipedia.ru/content/lesnye_resursy_irkutskoy_oblasti.
- Krivenko D. A.* Records of Flowering Plants on South of Eastern Siberia (Nahodki vidov cvetkovykh rastenij na yuge vostochnoj Sibiri) // Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series, 2016, vol. 121, iss. 6, pp. 79–80 [in Russian] (*Кривенко Д. А.* Находки видов цветковых растений на юге Восточной Сибири // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел Биологический. 2016. Т. 121. Вып. 6. С. 79–80).
- Krivenko D. A., Burlyaeva M. O.* IAPT/IOPB chromosome data 22 / Ed. K. Marhold // Taxon, 2016, vol, 65, no. 5, p. 1202, e. 8–9. DOI: <https://doi.org/10.12705/655.40>.
- Stepantsova N. V., Krivenko D. A.* A new species of *Astragalus* (Fabaceae) from west coast of Baical Lake (Irkutsk Oblast) // Turczaninowia, 2015, vol. 18, iss. 1, pp. 44–55. DOI: 10.14258/turczaninowia.18.1.5 [in Russian] (*Степанцова Н. В., Кривенко Д. А.* Новый вид *Astragalus* (Fabaceae) с Северо-Западного побережья Байкала (Иркутская область) // Turczaninowia. 2015. Т. 18. Вып. 1. С. 44–55).
- The Red Book of the Irkutsk Region*. Irkutsk: Publishing Vremya stranstvii, 2010, 480 p. [in Russian] (Красная книга Иркутской области. Иркутск: Изд-во Время странствий, 2010, 480 с.).
- The Red Data Book of the Republic of Buryatia: Rare and endangered species of animals, plants and mushrooms*. Ulan-Ude: Publishing house of the BSC SB RAS, 2013, 688 p. [in Russian] (Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 688 с.).
- The Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)*. Moscow: KMK Scientific Press, 2008, 855 p. [in Russian]. (Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.).
- Vinokurov M. A.* Zhigalovo district: resource and economic potential development (Zhigalovskij rajon resursnyj potencial razvitiya modernizaciya ehkonomiki regiona) // Bulletin of Baical State University, 2010, no. 2, pp. 31–34 [In Russian] (*Винокуров М. А.* Жигаловский район: ресурсный потенциал развития. Модернизация экономики региона // Известия ИГЭА. 2010. № 2. С. 31–34).

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-22-28

УДК 581.9 (470)

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Л. Ю. Шипилина

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

К ВОПРОСУ О СОХРАНЕНИИ ДИКИХ РОДИЧЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Ключевые слова:

дикие родичи культурных растений, сохранение, *in situ*, красная книга

Поступление:

08.09.2017

Принято:

17.11.2017

Актуальность. Конвенция о биологическом разнообразии обеспечила общую основу для стратегии сохранения *in situ*. Большинство учреждений, занимающихся сохранением генетических ресурсов растений, столкнулись с дилеммой о том, как практически реализовать сохранение *in situ*. Дикие родичи культурных растений (ДРКР) играют важную роль в улучшении сельскохозяйственных культур и поэтому их необходимо сохранить. Сотрудниками гербария ВИР (WIR) была предложена методика *in situ* сохранения генетических растительных ресурсов для территории России. Особенностью этой методики является выделение диких родичей культурных растений (ДРКР) из общего числа видов отдельных территорий и принятие их в качестве основного объекта сохранения, разработка ступенчатой схемы определения таксонов, приоритетных для сохранения, а также создание концепции сохранения разнообразия ДРКР в пределах уже существующих охраняемых природных территорий. **Материалы и методы.** Нами была усовершенствована методика отбора таксонов для регионального красного списка, в которой впервые разработана система баллов для включения таксонов в красный список ДРКР и сохранения их *in situ* на территории Северо-Западного региона России. Согласно методике, проведена оценка 53 видов ДРКР на территории Ленинградской, Новгородской и Псковской областей. **Результаты и выводы.** Мы определили категории уязвимости диких родичей культурных растений. В I категорию включено 6 видов, во II категорию 36 видов, в III категорию 11 видов.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-22-28

ORIGINAL ARTICLE

L. J. Shipilina

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

Key words:

wild relatives, conservation, in situ, Red book

Received:

08.09.2017

Accepted:

17.11.2017

THE QUESTION OF THE CONSERVATION OF WILD RELATIVES OF CULTIVATED PLANTS IN THE TERRITORY OF LENINGRAD, NOVGOROD AND PSKOV REGIONS

Background. The Convention on biological diversity (1992) provided a common framework for the conservation strategy in situ. Most of the institutions involved in the conservation of plant genetic resources, are faced with a dilemma on how to implement in situ conservation. The main problem is, in the opinion of foreign authors, the complexity of the change of the mentality of researchers of plant genetic resources. Institutions and researchers need to work more closely with farmers and communities because the successful preservation of farm crops on the farm requires not only promote the preservation but also the empowerment of people in the process of independent decision-making. Wild relatives of cultural plants (KKR) play an important role in crop improvement and must be retained. "Landraces" may contain coadaptive the gene complexes that have evolved over decades and are the most important of plant genetic resources. This approach is not acceptable for Russia, since we have the development of farming is a completely new economic model (1990 law "On peasant (farmer) economy") and, accordingly, may not be involved for the preservation of PGR. **Materials and methods.** Employees of the VIR herbarium (WIR) was proposed a technique in situ conservation of plant genetic resources for Russia. A special feature of this methodology is separation of the wild relatives of cultivated plants (DRCR) of the total number of separate types of territories and taking them as the main object of conservation, development speed definition schema taxa prioritized for conservation, and the creation of the concept of diversity DRCR within existing protected areas. In turn, we have improved the technique for the selection of taxa for the regional red list and the newly developed scoring system for inclusion of taxa on the red list DRCR and preserve them in situ in the region. **Results and conclusion.** We have identified categories of vulnerability wild relatives of cultivated plants. In the I category included 6 species in category II, 36 in III, category 11 species.

Введение

Поддержание экосистем в естественном состоянии невозможно без сохранения их видового разнообразия, сформировавшегося на данной территории в процессе эволюции и поддерживающего экосистему в равновесном состоянии. Таким образом, сохранение экосистем и сохранение видового разнообразия – это два взаимосвязанных процесса.

Однако, говоря о биоразнообразии, нельзя не помнить о двух важных моментах. Во-первых, состояние биоразнообразия является достаточно динамичным во времени и в пространстве. Процесс эволюции живого вещества непрерывен и сопровождается как образованием новых видов, так и исчезновением ныне существующих, точно так же любые организмы расширяют или сокращают свои ареалы и заселяют новые территории, постоянно приспосабливаясь к меняющимся условиям среды; при этом закономерно меняются численность, плотность, половозрастная и генетическая структура популяций и т. д. Во-вторых, следует учитывать, что современный процесс утраты видов и их местобитаний обусловлен, главным образом, антропогенной деятельностью, и именно это определяет необходимость ответных действий человеческого общества по сохранению и поддержанию биоразнообразия, понимание его ответственности за биологическую эффективность природоохранных мероприятий.

При имеющем место генетическом разнообразии внутри популяций, каждая из них представляет собой сложную структуру, находящуюся в динамическом равновесии. Лишь в природных популяциях, благодаря значительному числу генетически разнообразных особей, участвующих в процессе размножения, поддерживается на приемлемом уровне генетическая разнокачественность, и именно поэтому популяция считается минимальной по численности биологической системой, которая поддерживает и продолжает свое существо-

вание на протяжении длительного времени – в неограниченном ряду поколений. Главной особенностью природных популяций является их генетическая гетерозиготность (гетерогенность). Происходящая при половом размножении комбинаторика создает практически неограниченные возможности для создания генетического разнообразия в популяциях (Яблоков, Юсуфов, 2006).

Генетическая гетерогенность, поддерживаемая мутационным процессом, постоянными скрещиваниями, позволяет и популяции, и виду в целом поддерживать не только вновь возникающие наследственные изменения, но и существующие в генофонде в скрытых формах в течение длительного времени. И. И. Шмальгаузен называл такие возможности «мобилизационным резервом наследственной изменчивости», который может быть использован в экстремальных условиях среды. Генетически разнородная популяция, благодаря широкому спектру детерминированной нормы реакции, осваивает окружающую среду более эффективно, в ее генофонде накапливается большой объем резервной (скрытой) наследственной изменчивости. Именно генетическая изменчивость и генетическое разнообразие ресурсов должно быть в центре внимания в проектах сохранения *in situ* в течение длительного времени. Генетическое разнообразие необходимо для любого вида в целях сохранения жизнеспособности, устойчивости к заболеваниям, возможности адаптации к меняющимся условиям. Любые меры по сохранению, увеличению численности и скорости роста всех популяций вида повлекут за собой снижение вероятности утраты генетической изменчивости.

В результате антропогенных воздействий возникает разнонаправленный микроэволюционный процесс, ведущий к повышению внутривидового и территориального разнообразия.

Культурные растения и их дикие родичи являются неотъемлемой частью генетических растительных ресурсов. Дикий или сорный вид нередко является

носителем новой генетической системы онтогенетической и филогенетической адаптации. Разнообразие генетических растительных ресурсов оказывает комплексное влияние на развитие селекции «цепь влияний», которое может быть прямым, когда дикий генотип дает начало новому сорту, и опосредованным – через другие сорта или теоретические разработки на основе генетических растительных ресурсов (Мережко, 2001). Изучение, сохранение, сбор (мобилизация) и использование источников зародышевой плазмы растений в большинстве стран мира рассматриваются как единая национальная задача и служат основой успехов в развитии устойчивого сельскохозяйственного производства, фармацевтической индустрии и в оздоровлении среды обитания человека (Жученко, 2001). Генетические ресурсы растений (ГРР) представляют собой коллекцию генотипов или популяций, представляющих культуру, генетические запасы и родственные дикие и сорные виды, которые могут быть сохранены в виде растений, семян, тканевой культуры и т. д. (Frankel, Soulé, 1981). Конвенция о биологическом разнообразии обеспечила общую основу для стратегии сохранения *in situ*.

Определения и термины

Группа ранжирования – определяется таксономической близости к культурному виду, участием в селекционном процессе, степенью хозяйственного использования.

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

Федеральная КК – Красная книга Российской Федерации.

Региональная КК – Красные книги Ленинградской, Псковской и Новгородской областей.

по Киселеву (2004):

- **Эндемичность** – ограниченность ареала определенной территорией,

развитие эндемичности обусловлено географической изоляцией и различными внешними факторами.

- **Палеоэндемики** – это эндемичные виды или роды, возникшие очень давно и существующие в ней длительное время. Не связаны родственными отношениями с представителями местной флоры.
- **Неоэндемики** – эндемичные виды или роды растений, ограниченность ареала которых связана с их молодым происхождением. Неоэндемики находятся в родственных отношениях с другими представителями местной флоры и фауны.
- **Реликты** – виды растений, входящих в состав биоты конкретной области, как пережитки флор минувших геологических эпох и находящиеся в несоответствии с современными условиями существования.
- **Ареал** – часть географического пространства, в которой вид присутствует и взаимодействует с окружающей средой продолжительное время.
- **Дизъюнктивный** – разъединенный на немногие значительные участки ареал вида или рода.
- **Узколокальный ареал** – имеющий крайне ограниченную площадь распространения.
- **Гетерогенный ареал** – (разнородная) дизъюнкция, когда разорванные участки заселены разными подвидами одного вида, разными видами одного рода или разными родами одного семейства.
- **Транзитивные** – подвижные границы ареала, которые делятся на три типа расширяющиеся (имеет место, если вид не достиг естественных границ), сужающиеся (ареалы существуют лишь в пределах территорий, на которых организмы определенной таксономической категории не обеспечены ресурсами для жизнедеятельности) и

пульсирующие (связаны с изменением климатических и других природных условий на его границах).

Материалы и методы

Сотрудниками гербария ВИР (WIR) была предложена методика *in situ* сохранения генетических растительных ресурсов для территории России, которая учитывает природные и экономические особенности нашей страны (Smekalova et al., 2007). Принципиальной особенностью этой методики является выделение диких родичей культурных растений (ДРКР) из общего числа видов отдельных территорий и принятие их в качестве основного объекта сохранения, разработка ступенчатой схемы определения таксонов, приоритетных для сохранения, а также создание концепции сохранения разнообразия ДРКР в пределах уже существующих охраняемых природных территорий. Все исследования, связанные с проблемой *in situ* сохранения ДРКР, должны проводится в нескольких взаимопересекающихся плоскостях: **флористической** – изучение видового разнообразия ДРКР региональных флор, определение приоритетных для сохранения видов в составе исследуемых флор; **таксономической** – изучение различными методами (эколого-географическими, морфологическими, анатомическими, филогенетическими, биомолекулярными) генетического разнообразия отдельных таксонов (видов, родов и т. д.), определение приоритетных для сохранения видов в пределах их ареала; **географической** – выявление мест сосредоточения наибольшего видового разнообразия ДРКР; **популяционной** – изучение меж- и внутривидовой изменчивости отдельных видов, выделение популяций с уникальным набором генов или аллелей, а также популяций, содержащих наибольший процент аллелей (Chukhina, 2003). Таким образом, все объекты *in situ* сохранения могут быть представлены на трех уровнях: надвидовом (отдельные сообщества, локальные флоры и т. д.), видовом (отдельные виды на протяжении всего ареала), популяционном (отдельные уникальные популяции).

В свою очередь, нами была разработана методика отбора таксонов для регионального Красного списка и впервые разработана система баллов для включения таксонов в Красный список ДРКР и сохранения их *in situ* на территории региона. Балльная система необходима для уточнения статуса вида и, соответственно, определения списка первоочередных объектов сохранения. Нами выделено 8 пунктов теста (приведены ниже) для таксонов, предлагаемых для внесения ДРКР в Красный список ГРП.

Тест для определения степени уязвимости ДРКР

1. Группа ранжирования

– 1 – 2 (10 баллов)

– 3 – 4 (6 баллов)

– 5 (2 балла)

2. Федеральная КК

– категория уязвимости (25 баллов)

3. Региональная КК

– категория уязвимости (15 баллов)

4. Эндемичность

– палеоэндемики (10 баллов)

– неоэндемики (10 баллов)

5. Реликты (8 баллов)

6. Ареал

– дизъюнктивный (5 баллов)

– узколокальный (5 баллов)

– гетерогенный (5 баллов)

– имеет подвижные (транзитивные) границы (5 баллов)

– обитает на границе ареала (5 баллов)

7. Популяции

– с уникальным набором генов или аллелей (5 баллов)

– содержащих наибольший процент аллелей (5 баллов)

8. Уникальность территории

– по составу природных комплексов (2 балла)

– чрезвычайной сложности ландшафтной структуры (2 балла)

Результаты и их обсуждение

Максимальное количество баллов, которые может набрать таксон 100. В рамках системы этот таксон должен быть включен в Красную книгу России и

региональную Красную книгу, иметь близкородственные связи с культурными растениями, быть эндемиком или реликтом, ареал характеризуемого вида должен иметь следующие признаки – дизъюнктивность, узколокальность, гетерогенность или иметь транзитивные границы, входить в состав уникальных популяций и обитать на территории природного комплекса со сложной ландшафтной структурой. В тоже время, мы намеренно, не включаем сюда таксоны, имеющие единичное распространение, так как для сохранения *in situ* это экономически не выгодно, для таких таксонов приоритетно сохранение *ex situ*. Минимальное количество баллов, которое может набрать таксон 7. Этот таксон, минимум включенный в 4 или 5 группу ранжирования и обитающий на территории в популяции с уникальным набором генов. Но в данном случае необходима длительная работа с популяциями. Также необходимо отметить, что для включения в список достаточно иметь 2 характеристики и первая из них – это группа ранжирования.

После того как определено количество баллов, таксону присваивается определенный статус сохранения таксона ГРП.

• **I категория** статуса (от 26 и выше) – таксоны или популяции находящиеся под угрозой исчезновения, при этом наиболее экономически важные, являющиеся реликтами или эндемиками, ареал или место обитание которых уникально, обладающие уникальным набором генов.

• **II категория** статуса (от 15 до 25 баллов) – таксоны или популяции с естественной невысокой численностью, встречающиеся на ограниченной территории или спорадически распространенные на значительных территориях.

• **III категория** статуса (до 14 баллов) – таксоны или популяции, имеющие транзитивные границы или обитающие на границе ареала, подвергающиеся избыточному давлению, как со стороны экологических факторов, так и со сто-

роны человека. Требуют дополнительных мер наблюдения или восстановления численности.

После того как определено количество баллов, таксону присваивается определенный статус сохранения таксона ГРП.

Таким образом, мы определили категории для следующих видов диких родичей культурных растений:

• **I категория** статуса: *Artemisia oelandica* (Bess.) Krasch., *Astragalus arenarius* L., *Astragalus danicus* Retz., *Dracocephalum ruyschiana* L., *Lathyrus linifolius* (Reichard) Bassler., *Lonicera caerulea* L. (6 видов).

• **II категория** статуса: *Allium angulosum* L., *Allium schoenoprasum* L., *Allium ursinum* L., *Daucus carota* L., *Corylus avellana* L., *Crambe maritima* L., *Isatis tinctoria* L., *Humulus lupulus* L., *Oxycooccus palustris* Pers., *Oxycooccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Anthyllis macrocephala* Wend., *Astragalus danicus* Retz., *Astragalus sybolaris* Boriss. et Schischk., *Lathyrus laevigatus* (Waldst. et Kit.) Gren., *Lathyrus niger* (L.) Bernh., *Lathyrus pisiiformis* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Oxytropis pilosa* (L.) DC., *Oxytropis sordida* (Willd.) Pers., *Trifolium fragiferum* L., *Agrostis clavata* Trin., *Festuca altissima* All., *Holcus mollis* L., *Holcus lanatus* L., *Phalaris canariensis* L., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch., *Phleum phleoides* (L.) Karst., *Poa humilis* Ehrh. ex Hoffm., *Bistorta vivipara* (L.) S.F. Gray., *Rumex pseudonatronatus* (Borb.) Borb. ex Murb., *Phleum alpinum* L., *Trisetum sibiricum* Rupr., *Poterium sanguisorba* L., *Rubus humilifolius* C.A. Mey., *Rosa mollis* Smith. (36 видов).

• **III категория** статуса: *Astragalus glycyphyllos* L., *Lathyrus aleuticus* (Greene) Pobed., *Lathyrus maritimus* Bigel., *Onobrychis sibirica* (Sirj.) Turcz. Ex Grossh., *Vicia cassubica* L., *Ribes alpinum* L., *Ribes spicatum* Robson., *Thymus serpyllum* L., *Fragaria moschata* (Duch.) Weston., *Fragaria viridis* (Duch.) Weston., *Malus sylvestris* Mill. (11 видов).

Хотя, безусловно, постоянное наблюдение и контроль необходим за всей массой ДРКР в силу изменяющихся условий.

Сохранение исчезающих видов ДРКР, встречающихся в единичных местонахождениях одиночными особями

или мелкими популяциями, при условии, что популяции растений не имеют выраженной гетерогенности по ряду признаков или каких-либо особых качеств, выделяющих их из стандартного ряда, нецелесообразно.

References/Литература

- Chuhina I. G.* flora severo-vostochnogo Altaja i ee analiz v svjazi s jekologo-introdukcionnymi problemami. Sankt-Peterburg, 2003 265 p. [in Russian] (Чухина И.Г. флора северо-восточного Алтая и ее анализ в связи с эколого-интродукционными проблемами. Дисс. на соискание уч. ст. канд. биол. наук Санкт-Петербург, 2003 265 с.)
- Frankel OH* (1990) Germplasm conservation and utilization in horticulture. In: Wiley-Liss Frankel OH, Soulé ME (eds) Horticultural biotechnology, conservation and evolution. Cambridge University Press, Cambridge, pp 5–17
- Frankel OH, Soulé ME* (1981) Conservation and evolution. Cambridge University Press, Cambridge, 327 pp
- Harlan JR* (1992) Crops and man. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison
- Jablokov A.V., Jusufov A.G.* Jevoljucionnoe učenje. 2006. 310 p. [in Russian] (Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. 2006. 310 с.)
- Kiselev V.N.* Biogeografija s osnovami jekologii. Minsk. 2004. 352 p. [in Russian] (Киселев В.Н. Биogeография с основами экологии. Минск. 2004. 352 с.)
- Merezhko A.F.* Rol' geneticheskikh resursov v sovremennoj selekcii rastenij // Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij. Tez.dokl. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. - SPb: 2001. pp. 353-355. [in Russian] (Мережко А.Ф. Роль генетических ресурсов в современной селекции растений // Генетические ресурсы культурных растений. Тез.докл. Международной научно-практической конференции. - СПб: 2001. С. 353-355.)
- Rao R., Sthapit B.* (2013) Conservation of Tropical Plant Genetic Resources: In Situ Approach. In: Normah M., Chin H., Reed B. (eds) Conservation of Tropical Plant Species. Springer, New York, NY DOI https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3776-5_1
- Shmal'gauzen I.I.* Faktory jevoljucii (teorija stabilizirujushhego otbora). 1968 g. 452 p. [in Russian] (Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора). 1968 г. 452 с.)
- Smekalova T.N., Chuhina I.G.* Osnovnye aspekty strategii sohraneniya in situ di-kih rodichej kul'turnyh rastenij Rossii. // V sbornike: Biologicheskoe raznoob-razie. Introdukcija rastenij Materialy 4-oj Mezhdunarodnoj nauchnoj konfe-rencii. 2007. pp. 82-83. [in Russian] (Смекалова Т.Н., Чухина И.Г. Основные аспекты стратегии сохранения in situ диких родичей культурных растений России. // В сборнике: Биологическое разнообразие. Интродукция растений Материалы 4-ой Международной научной конференции. 2007. С. 82-83.)
- Zhuchenko A.A.* Bioraznoobrazie - osnova sohraneniya mirovyh geneticheskikh resursov rastenij // Materialy Mezhdunarodnoj konferencii "Geneticheskie re-sursy lekarstvennyh i aromatičeskikh rastenij". M.: 2001. pp. 8-14. [in Russian] (Жученко А.А. Биоразнообразие - основа сохранения мировых генетических ресурсов растений // Материалы Международной конференции "Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений". М.: 2001. С. 8-14.)

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-29-35

УДК 634.11

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Е. З. Савин^{1,2}, А. М. Русанов¹,
И. О. Кин², Т. В. Березина²,
Е. К. Логинчив¹, Т. А. Сквор-
цова¹

ПЛОДОВО-ЯГОДНЫЕ КУЛЬТУРЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БУЗУЛУКСКИЙ БОР»

¹Оренбургский государственный университет,
460013 г. Оренбург, пр. Победы,
13.

e-mail: soilec@esoo.ru

²Институт степи УрО РАН,
460000 г. Оренбург, ул. Пионер-
ская, 11.

e-mail: orensteppe@mail.ru

Ключевые слова:

экологические условия, мезо-
климат, Бузулукский бор,
плодово-ягодные культуры

Поступление:

19.06.2017

Принято:

17.11.2017

Островной массив с реликтовыми ландшафтами расположен между южными склонами Общего сырта и долиной реки Самары. Через весь сосновый лес с севера на юг протекает река Боровка. Территория леса морфологически представляет собой слабоволнистую аллювиальную террасированную равнину с общим уклоном на юг и юго-запад. Поверхность равнины покрыта невысокими песчаными буграми, закрепленными растительностью. Инсулярный лес с трех сторон окружен настоящей степью с типичными для зоны сообществами на обыкновенных черноземах. Экологические условия Бузулукского бора значительно отличаются от окружающих ландшафтов. За счет транспирации древесной растительности в приземном слое атмосферы наблюдается повышенное количество влаги, которая, обладая высокой теплоемкостью, формирует на территории бора относительно мягкий и влажный мезоклимат. Гидротермические условия лесного массива лишены того уровня контрастности, который типичен для степных территорий. Максимально низкие температуры зимой сочетаются со значительной высотой снежного покрова, защищающего корневые системы древесных растений от вымерзания. На лесопокрываемую площадь выпадает почти в 1,5 раза больше осадков, чем на соседние степные пространства. Сочетание в лесном покрове участков с плотной растительностью с широкими полянами создают благоприятные условия для роста и развития, как для теневыносливых растений, так и для деревьев, нуждающихся в высокой освещенности. Основная масса лесного массива состоит из хвойных пород. Среди древесных насаждений бора произрастают плодовые культуры, в том числе интродуценты, завезенные более ста лет назад. Отдельные из них – *Malus baccata* (L.) Borkh., *M. silvestris* var *praecox* (Pall.) Ponom., *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Padus virginiana* (L.) Mill., *Ribes aureum* Pursh, *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch и другие – получили дальнейшее распространение. Почвы бора на лесных полянах имеют повышенное содержание гумуса и благоприятные физические свойства. Все эти и другие обстоятельства формируют в своей совокупности в пределах соснового леса комплекс экологических условий, характерных для природных зон, расположенных севернее в ряду географической зональности – для лесостепи и леса.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-29-35

ORIGINAL ARTICLE

E. Z. Savin^{1,2}, A. M. Rusanov¹,
I. O. Kin², T. V. Berezina², E. K.
Loginch¹,
T. A. Skvortsova¹

¹Orenburg State University,
13 Pobedy Ave., Orenburg,
460013, Russia,
e-mail: soilec@esoo.ru

²Institute of the Steppe, Ural Division
of the RAS,
11 Pionerskaya St., Orenburg,
460000, Russia,
e-mail: orensteppe@mail.ru

Key words:

*environmental conditions,
mesoclimate, Buzuluksky Bor,
fruit and berry plants.*

Received:

19.06.2017

Accepted:

17.11.2017

FRUIT AND BERRY CROPS IN THE ENVIRONMENTS OF THE BUZULUKSKY BOR NATIONAL PARK

The insular woodland of Buzuluksky Bor (Buzuluk Pine Forest) with its relict landscapes is located between the southern slopes of Obshchy Syrt and the Samara river valley. The Borovka river flows through the entire pine forest from north to south. Morphologically, the forest area is a weakly rolling alluvial terraced plain generally common sloping in the southern and southwestern directions. The surface of the plain is covered with low sandy hillocks fixed by vegetation. The insular forest is surrounded on three sides by a true steppe with typical communities on an ordinary black soil terrain. The environmental conditions in Buzuluksky Bor differ significantly from the surrounding landscapes. Due to transpiration of the woody vegetation, the surface layer of the local atmosphere is characterized by increased moisture content with high heat capacity which forms a relatively mild and humid mesoclimate in the forest. Hydrothermal conditions of the woodland are devoid of the level of contrast typical for the steppes. The lowest temperatures in winter are combined with significant depth of the snow cover which protects root systems of woody plants from freezing. The wooded area receives almost 1.5 times more precipitation than the neighboring steppe areas. The combination of dense vegetation with wide clearings in the forest cover is favorable for the growth and development of both shade-tolerant plants and light-requiring trees. The bulk of the forest consists of coniferous species, but the local woody vegetation also comprises fruit trees and berry plants, including those introduced more than a hundred years ago. Among the boron tree plantations, fruit crops grow, including introductions brought in more than a hundred years. Some of them expanded their distribution: *Malus baccata* (L.) Borkh., *M. silvestris* var *praecox* (Pall.) Ponom., *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Padus virginiana* (L.) Mill., *Ribes aureum* Pursh, *Ame-lanchier spicata* (Lam.) C. Koch, etc. The soils of the forest in its clearings possess an increased content of humus and favorable physical properties. All these and other circumstances have aggregately formed within this pine forest an ecosystem typical for the natural areas situated northward according to the terrestrial scale - for the forest steppe and forest zones.

Введение

В статье рассматриваются вопросы произрастания аборигенных и интродуцированных плодовых культур в экологических условиях Бузулукского бора, а также его ландшафтные, климатические и почвенные условия. Среди древесной растительности плодовые культуры нашли свое место. Они выделяются повышенной зимостойкостью и высокой адаптированностью к мезоклиматическим особенностям бора. Поведение различных плодовых культур в лесном массиве неадекватно в силу их биологических особенностей. Одни – *Ribes nigrum* L., *Rubus caesius* L., *R. idaeus* L., *Viburnum opulus* L., *Padus avium* Mill. – произрастают в пойменных условиях малых рек. Другие – *Cerasus fruticosa* Pall., *Amygdalis nana* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Ribes aureum* Pursh – тяготеют к высоким остепненным местам. Целью исследования является изучение особенностей поведения плодовых культур в экологических условиях степного леса.

Материалы и методы

Комплекс полевых и лабораторных исследований выполнен за период 2008–2016 гг. Основными объектами работы явились плодовые насаждения, произрастающие на территории Бузулукского бора.

Анализ климатических условий бора и сопредельных территорий был выполнен по имеющимся ранее данным (Buzulukskij bor., 2008; Geograficheskiy atlas..., 1999; Kliment`ev, 2010; Nauchno-prikladnoj spravochnik..., 1988). Кроме того, для получения данных за период наблюдений с ноября по апрель в почву в Бузулукском бору, с. Партизанское на глубину 5 и 20 см устанавливались температурные датчики DS 31921 (Thermochron i Button). Для сравнения брали температуры почвы на такой же глубине на Оренбургской метеообсерватории (г. Оренбург).

На протяжении девяти лет проведены наблюдения за плодово-ягодными куль-

турами по следующим параметрам: высота, диаметр кроны, состояние, урожайность. Состояние насаждений определяли в баллах, согласно методическим рекомендациям (Program and methodology..., 1999). Продуктивность также учитывалась в баллах (среднее за годы наблюдений): 0 – нет плодоношения, 1 – единичные плоды; 2 – среднее плодоношение 10–15% от максимального; 3 – плодоношение 50%, 4 – плодоношение 60–70%; 5 – максимальное плодоношение. Полученные данные позволили провести анализ состояния и продуктивности плодово-ягодных культур в условиях Бузулукского бора.

Результаты и обсуждение

Исследование мезоклиматических данных дали следующие результаты: среднегодовая температура приземного слоя воздуха в бору составляет 3,6°C, на сопредельной территории она выше на 0,9°C. Максимальная температура воздуха летом на территории бора оказалась на 2°C ниже, чем на соседних пространствах. Минимальная температура в бору ниже на –6°C, а среднемноголетняя в январе на –0,4°C по сравнению с температурой окружающих степных ландшафтов. В летнее время температура в бору более умеренная – в июле на 2°C ниже, чем за его пределами. Этому способствует наличие лесного массива и относительно замкнутая долина реки Боровки, которая обуславливает умеренно засушливый климат бора (Kliment`ev, 2010).

Среднегодовое количество осадков в бору на 150 мм выше по сравнению со степными показателями за пределами бора (табл. 1). Высота снежного покрова в два раза превышает показатели его уровня на сопредельных территориях. Снежный покров обеспечивает глубину промерзания почвы в бору не более 70 см, что на 45 см выше окружающей бор степи. Относительная влажность воздуха в лесу также на 3,5% выше, безморозный период короче на 15–17 дней. Сумма среднегодовых положительных

температур в бору составляет 2874°. Длительность этого периода не превышает 195 дней. Сумма активных температур (>5°C) составила 2780°; сумма эффективных температур (>10°C) равна 2520°. За пределами бора количество дней с положительными и эффективными температурами больше на 21–31 день. В Бузулукском бору среднемноголетняя испаряемость за год составляет 643,2 мм при количестве осадков 530 мм. Следовательно, коэффициент увлажнения соснового леса соответствует лесостепной зоне (0, 82), а по сумме годовых осадков – лесной. Как показали наши наблюдения, минимальные температуры почвы на метеопосту г. Оренбурга на глубине 20 см колебались от –4,6 до –16,0°C. Наиболее показательными наблюдениями были 2010–2013 гг., когда температура почвы на глубине 20 см

на метеопосту составила –16°C, а в бору опустилась только до –9°C (табл. 2).

Следовательно, снежный покров бора, покрывший почву в более ранние сроки, играет смягчающую роль в ее промерзании. Почвы в бору формировались под влиянием климата, растительности, рельефа, геологии на песчаном материале, накопленном при стоке древних рек и эрозии коренных пород Общего Сырта. Исключительное разнообразие рельефа, контрасты по условиям увлажнения создали в бору сложные комплексы сочетаний степных (черноземов), лесных (дерново-подбуров оподзоленных), пойменных аллювиальных, луговых и лугово-болотных оторфованных, карбонатных почв, отраженных в фитоценозах. Преобладающими почвами сухих боров являются маломощные песчаные разновидности слабоподзоленных почв (Kliment`ev, 2010).

Таблица 1. Среднемноголетние климатические данные Бузулукского бора
Table 1. Average climate data for many years in Buzuluksky Bor

Территория	t°C ср. воздуха	t°C max	t°C min	Годовая амплитуда, t°C	Многолетняя, зимой в январе, t°C	Многолетняя, летом в июле, t°C	Безморозный период, дней			Сумма осадков, мм/год	Средняя относит. влаж. воздуха, %	Снежный покров, см	Промерзание почвы, см
							среднее	min	max				
Бузулукский бор	3,6	42	–53	95,0	–13,8	20,4	108	78	147	530	71,0	64	70
Сопредельная территория *	4,5	–40	–42	82	–13,4	22,4	129	94	167	382	67,5	31	115

*Сопредельная территория вокруг бора шириной 15 км, на которую распространяется его мезоклимат

Общая площадь, покрытая лесом, составляет 66% от всей территории. На его широких полянах под влиянием мезоклимата под разнотравно-ковыльной и степной растительностью сформировались черноземы, соответствующие типичным лесостепным подтипам. Мощность гумусового горизонта составляет

до 50–55 см, содержание гумуса достигает 6,5–7,5% (pH 6,0–7,0). Для сравнения, мощность гумусового горизонта обыкновенных черноземов составляет 45 см, содержание гумуса не превышает 5,5%, (pH 7,5–8,0).

Таблица 2. Минимальная температура почвы по глубинам в зимнее время, °С
Table 2. Minimum soil temperatures at different depths in winter, °C

Год	Данные по г. Оренбургу		Бузулукский бор	
	20 см	5 см	5 см	20 см
2008/2009	-13,6	-11,0	-7,0	-7,0
2009/2010	-13,0	-10,0	-6,0	-6,0
2010/211	-14,3	-12,0	-5,0	-5,0
2011/2012	-11,4	-13,0	-7,0	-7,0
2012/2013	-16,0	-15,0	-9,0	-9,0
2013/2014	-7,0	-7,0	-3,0	-3,0
2014/2015	-14,2	-10,0	-	-
2015/2016	-4,6	-1,0	-	-

Во флоре бора встречаются более 700 видов сосудистых растений, среди которых имеются и плодово-ягодные культуры: *Padus avium*, *Prunus spinosa* L., *Viburnum opulus*, *Amygdalus nana*, *Fragaria vesca* L., *Fragaria viridis* (Duch.) Weston, *Rubus caesius* L., *Sorbus aucuparia* L., *Lonicera tatarica* L., *Corylus avellana* L., *Ribes nigrum*, *Cerasus fruticosa* (Rusanov, 2007).

Следует отметить, что наряду с аборигенными видами, имеются интродуценты, произрастающие в бору более 100 лет. В конце XIX начале XX веков основным направлением научных изысканий в бору была оптимизация ведения лесного хозяйства. С этой целью начали проводить эксперименты по подбору культур и пород, которые могли бы выступать в роли защитного полога молодого подроста сосны. Первые посадки были проведены в конце XIX века. В начале XX века (1910–1912) интерес к интродукции возобновился. С 1928 по 1939 гг. Боровым лесным опытным пунктом ВНИИЛХ было испытано 205 видов и разновидностей древесно-кустарниковых пород, среди которых были и плодово-ягодные культуры. Е. Д. Годневым (Godnev, 1949) велись наблюдения за испытываемым материалом, на основе которых он выяснил, что одним из ведущих лимитирующих факторов развития интродуцентов на территории бора был температурный режим. Он отмечал, что наиболее устойчивыми оказались виды родов *Amelanchier* Medik., *Berberis* L., *Crataegus* L., *Rosa* L., а также *Grossularia reclinata* (L.) Mill., *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Padus virginiana* (L.) Mill., *Cerasus besseyi* (L.H. Bailey) Smyth, *Ribes aureum*.

К этому перечню следует добавить *Malus baccata* (L.) Borkh, *M. silvestris* Mill., *M. praecox* (Pall.) Borkh. [= *Malus silvestris* var *praecox* (Pall.) Ponom.] Остальные культуры не закрепились в силу индивидуальных особенностей видов.

На данный период во флоре бора сохранилось 30 интродуцированных видов, из них 12 (6,0% от общего числа испытывавшихся) – плодово-ягодные культуры: *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch, *Berberis vulgaris* L., *Crataegus sanguinea* Pall., *C. nigra* Waldst. & Kit., *Pyrus ussuriensis* Maxim. ex Rupr., *Padus virginiana*, *Ribes aureum*, *Viburnum lantata* L., *Elaeagnus angustifolia*, *Malus baccata*, *M. silvestris*, *M. praecox*.

В бору на озере Светлейшее в подлеске у сел Партизанское, Паника были обнаружены гибриды яблони *Malus praecox* и *Malus baccata*. По внешнему виду кроны они близки к *Malus praecox*. Плоды желтые с опадающей чашечкой, по размеру крупнее яблони ягодной. Лист близок к *Malus baccata*.

Плодово-ягодные насаждения Бузулукского бора разделяются по высоте. Наиболее высокорослые деревья до 5,0–5,5 метров, произрастающие, в основном, в подлеске широколиственных лесов – различные виды родов *Malus* Mill., *Pyrus* L., *Padus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Corylus avellana*, *Amelanchier spicata*, *Elaeagnus angustifolia*. Часто они представляют многоствольный куст, побеги которого способны окореняться. Это, прежде всего, *Malus silvestris* var *praecox* (Pall.) Ponom., *Padus avium*, *Padus virginiana*, *Corylus avellana*, *Amelanchier spicata* (табл. 3).

Таблица 3. Параметры и продуктивность плодово-ягодных культур Бузулукского бора
Table 3. Parameters and productivity of fruit and berry plants/trees in Buzuluksky Bor

№ п/п.	Название культуры	Бузулукский бор			
		Высота, м	Диаметр кроны, м	Состояние растений, балл	Средняя продуктивность, балл
1	<i>Malus silvestre</i> Mill.	4,0–4,5	2,5–3,0	4,5	3,0–4,0
2	<i>M. silvestris</i> var <i>praecox</i> (Pall.) Ponom.	3,0–3,5	2,0–3,0	4,5	3,0–4,5
3	<i>M. domestica</i> ssp <i>prunifolia</i> (Willd) Likh.	4,0–4,5	3,0–3,5	4,5	4,0–4,5
4	<i>M. domestica</i> ssp <i>cerasifera</i> (Spach) Likh.	4,0–4,5	3,0–3,5	5,0	2,0–3,0
5	<i>M. domestica</i> Borkh.	3,5–4,0	3,0–3,5	4,0	4,0–4,5
6	<i>M. baccata</i> (L) Borkh.	4,5–5,0	3,5–4,0	5,0	3,5–4,0
7	<i>M. domestica</i> subsp <i>hybrida</i> Linh. (<i>M. praecox</i> × <i>M. baccata</i>)	3,0–3,5	2,0–3,0	5,0	3,5–4,0
8	<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.	5,0–5,5	3,5–4,0	5,0	1,0–2,0
9	<i>Prunus spinosa</i> L.	1,5–2,0	–	4,0	1,0–2,0
10	<i>Cerasus fruticosa</i> Pall.	1,0–1,5	–	4,0	3,0–4,0
11	<i>Padus avium</i> Mill.	4,5–5,0	3,5–4,0	5,0	4,0–5,0
12	<i>Padus virginiana</i> (L.) Mill.	4,0–4,5	3,0–3,5	5,0	2,0–3,0
13	<i>Ribes nigrum</i> L.	1,0	1,0	5,0	4,0–5,0
14	<i>Ribes aureum</i> Purch	1,5–2,0	1,0–1,5	6,0	3,0–4,0
15	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	4,0–5,0	2,5–3,0	5,0	4,0–4,5
16	<i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) C. Koch	3,5–4,0	2,0–2,5	5,0	3,0
17	<i>Berberis vulgaris</i> L.	1,0–1,5	1,0	5,0	2,0–3,0
18	<i>Corilus avellana</i> L.	3,5–4,0	3,0–3,5	5,0	2,0–3,0
19	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	3,5–4,0	2,0–2,5	3,5	2,0–2,5
20	<i>Amygdalis nana</i> L.	1,0	–	4,0	1,0–2,0
21	<i>Rubus idaeus</i> L.	1,0–1,5	–	5,0	1,0–2,0
22	<i>Rubus caesius</i> L.	3,0–3,5	–	5,0	2,0
23	<i>Fragaria vesca</i> L.	0,2–0,3	–	4,0	4,0–5,0
24	<i>Viburnum opulus</i> L.	2,0–2,5	2,0–2,5	5,0	

В виде небольших кустарников высотой до 1,5–2,0 метров произрастают: *Cerasus fruticosa*, *Prunus spinosa*, *Ribes nigrum*, *Ribes aureum*, *Berberis vulgaris*, *Amygdalis nana*, *Viburnum opulus*, *Rubus idaeus* и *R. caesius*.

На полянах и опушках леса встречается *Fragaria vesca*, *Ribes nigrum*, *Rubus idaeus* и другие теневыносливые культуры, которые растут по увлажненным местам. В более сухих условиях опушек леса растут засухоустойчивые культуры – *Cerasus fruticosa*, *Prunus spinosa*, *Ribes aureum*, *Berberis vulgaris*, *Amygdalis nana*.

Наибольшей зимостойкостью в Бузулукском бору выделяются *Malus baccata*, *Pyrus ussuriensis*, *Padus avium* и *P. virginiana*, *Sorbus aucuparia*, *Ribes nigrum* и *R. aureum*, *Amelanchier spicata*, *Corilus avellana*, *Viburnum opulus*. За счет постоянного возобновления побегов в хорошем состоянии находятся *Rubus idaeus*, *R. caesius*. В критические зимы подмерзает *Malus silvestris*, *M. domestica*, *Prunus spinosa*,

Amelanchier spicata, что сказывается на их состоянии и продуктивности.

Хорошая продуктивность отмечается у *Malus silvestris*, *M. silvestris* var *praecox*, *M. baccata*, *Pyrus ussuriensis*, *Sorbus aucuparia*, *Padus avium* и *P. virginiana*, *Ribes aureum*, *Amelanchier spicata*, *Viburnum opulus* – от 4,0 до 4,5 баллов. Умеренная продуктивность наблюдается у *Malus domestica*, *Prunus spinosa*, *Cerasus fruticosa*, *Rubus idaeus*.

Отдельные интродуценты в Бузулукском бору выделяются хорошим состоянием и урожайностью. К ним можно отнести *Malus baccata*, *Pyrus ussuriensis*, *Padus virginiana*, *Ribes aureum*, *Amelanchier spicata*.

Следовательно, в условиях Бузулукского бора, сочетающих лесные и лесостепные экосистемы, многие плодовые культуры, в том числе и интродуценты, нашли свою нишу в лесном фитоценозе. Отдельные из них, имея высокую продуктивность, получили дальнейшее распространение.

Заключение

Бузулукский бор расположен между южными склонами Общего Сырта, состоит на 70% из хвойных пород и с трех сторон окружен настоящей степью. В бору выпадает в полтора раза больше осадков, чем на сопредельные территории. Однако испаряемость выше более чем на 20%. Следовательно, по коэффициенту увлажнения (0,82) климат соответствует лесостепной зоне, а по сумме осадков – лесной. В целом, климат в бору резко континентальный. Зимой температура опускается на $-6,8^{\circ}\text{C}$ ниже окружающих ландшафтов, а в летнее время температура воздуха на $+2^{\circ}\text{C}$ ниже.

Почвы бора сформированы на песчаном материале, накопленном при стоке

древних рек и эрозии коренных пород Общего Сырта. Преобладающими почвами являются маломощные песчаные слабоподзоленные. Однако на полях сформировались черноземы, соответствующие лесостепных подтипам.

Среди лесной растительности Бузулукского бора, в пойме малых рек, на их террасах, по опушкам, в подлеске, на полях и в лесных насаждениях произрастают плодовые и ягодные культуры. Среди аборигенных плодовых культур нашли свое место интродуценты. Они выделяются, прежде всего, повышенной морозостойкостью и засухоустойчивостью. Отдельные из них (*Padus virginiana*, *Ribes aureum*, *Amelanchier spicata*), имея высокую продуктивность, получили дальнейшее распространение.

References/Литература

- Buzulukskij bor*: ehkologo-ehkonomicheskoe obosnovanie organizatsii natsional'nogo parka / Ed. A. A. Chibilev. Vol. 1. Ekaterinburg: UrO RAN, 2008, 186 p. [in Russian] (*Бузулукский бор*: эколого-экономическое обоснование организации национального парка / Под ред. Чл.-кор. РАН А. А. Чибилёва. Т. 1. Екатеринбург: УрО РАН 2008, 186 с.).
- Geograficheskij atlas Orenburgskoj oblasti. Moscow: DIK, 1999, s. 32–34 [in Russian] (Географический атлас Оренбургской области. М.: ДИК, 1999. С. 32–34).
- Godnev E. D. Opyt' ty` po razvedeniyu ehkzotov v Buzulukskom boru. Buzulukskij bor: obshhij ocherk i lesny`e kul'tury`. Т. I. Moscow: Leningrad: Goslesbumizdat, 1949, pp. 98–142 [in Russian] (*Годнев Е. Д. Опыты по разведению экзотов в Бузулукском бору. Бузулукский бор: общий очерк и лесные культуры. Т. I. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. С. 98–142.*)
- Kliment`ev A. I. Buzulukskij bor: pochvy`, landshavty`, i faktory` geograficheskoy sredy` Ekaterinburg: UrO HAN, 2010, 401 p. [in Russian] (*Климентьев А. И. Бузулукский бор: почвы, ландшафты и факторы географической среды. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 401 с.*)
- Nauchno-prikladnoj spravochnik* po klimatu SSSR. Ser 3. Mnogoletnie danny`e/ Ch. 1-6. Vy`p. 12 (Tatarskaya ASSR, Ul`yanovskaya, Kujby`shevskaya, Pensenskaya, Orenburgskaya, Saratovskaya oblasti). Leningrad, 1988, 647 p. [in Russian] (*Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 12. (Татарская АССР, Ульяновская, Куйбышевская, Пензенская, Оренбургская, Саратовские области). Л., 1988. 647 с.*)
- Ponomarenko V. V. Dorastushhie vidy` roda Malus Mill. Evropy`, Kavkaza, Sibiri i Srednej Azii (biologiya, sistematika, iskhodny`j material dlya seleksii) // Aftoreff. diss. ... dokt. biol. nauk. St. Peterburg, 1992, 38 p. [in Russian] (*Пономаренко В. В. Дикорастущие виды рода Malus Mill. Европы, Кавказа, Сибири и Средней Азии (биология, систематика, исходный материал для селекции) // Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб, 1992. 38 с.*)
- Program and methodology of the study of fruit, berry and nut crops (Programma i metodika izucheniya kollekcii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur)* / Ed. E. N. Sedova, T. P. Ogoltzovoi. Orel: VNIISPK, 1999, 606 p. [in Russian] (*Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.*)
- Rusanov A, M. Bioraznoobrazie rastenij i pochv prilagayushhikh k boru landshavtov // Ehkologiya, 2007, no. 1, pp. 13–17 [in Russian] (*Русанов А. М. Биоразнообразие растений и почв прилегающих к бору ландшафтов // Экология. 2007 №1, с. 13–17.*)

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-36-42

УДК 633. 13: 631. 527

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Н. В. Дейнес

Алтайский НИИ сельского хозяйства,
656910, Россия, Алтайский край,
г. Барнаул, Научный городок, 35,
e-mail: devnes_nikolay@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ОВСА В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Ключевые слова:

овес, коллекция, образец, линия, хозяйственно полезные признаки, продуктивность.

Поступление:

04.05.2017

Принято:

17.11.2017

Актуальность. Овес для Алтайского края является значимой зернофуражной культурой, площадь под которой достигла в 2016 г. 376,6 тыс. га. Рост потребления зерна овса, как ценного кормового и пищевого продукта, требует увеличения его производства. Одним из дальнейших путей увеличения валового сбора овса является создание и внедрение в производство новых высокоурожайных сортов с высокими кормовыми и пищевыми качествами. Для этого необходим поиск новых источников и доноров ценных свойств и признаков. **Объект.** Общепринятыми методами изучено 270 образцов овса разного эколого-географического происхождения из генофонда Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Лучшие из них были использованы в качестве родительских форм для создания селекционных линий. **Результаты и выводы.** По озерненности метелки из коллекционного питомника было выделено 20 образцов. Среди них – ‘Chihuahua’ (Мексика), ‘BorriNova’ (ФРГ), ‘Rhianon’ (Великобритания), ‘С.1. 4605’ (США), ‘Kalgan’ (Австралия) и др. По крупнозерности отобрано 11 образцов – ‘Kalgan’ (Австралия), ‘Fraser’ (Канада), ‘CDC Boyer’ (Канада), ‘Dorval’ (Канада), ‘Мутика 713’ (Омская обл.) и др. Наибольшей продуктивностью метелки характеризуются ‘С.1. 4204’ (США), ‘С.1. 3835’ (США), ‘Kalgan’ (Австралия), ‘Мутика 551’ (Алтайский кр.) – всего 34 образца. Низкая пленчатость отмечена у 9 образцов – ‘CDC Boyer’ (Канада), ‘Ozark’ (США), ‘Орион’ (Омская обл.) и др. Высоким содержанием белка в зерне отличаются ‘Panfive’ (Австралия), ‘Monida’ (США), ‘С.1. 4605’ (США) и др. – всего 16 образцов. Устойчивостью к полеганию обладают 12 генотипов, среди них – ‘Аргумент’ (Алтайский кр.), ‘Иртыш 21’ (Омская обл.), ‘Chihuahua’ (Мексика) и др. Было выделено 14 образцов, иммунных и практически устойчивых к заболеванию пыльной головней *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr. – ‘Harmon’ (Канада), ‘Hedvig’ (Швеция), ‘Lyon С.1. 9200’ (США) и др.

По результатам изучения коллекции были отобраны лучшие по хозяйственно полезным признакам образцы отечественной и зарубежной селекции для участия в гибридизации. В итоге получены перспективные селекционные линии, характеризующиеся высокой урожайностью, крупнозерностью, устойчивостью к полеганию и поражению пыльной головней.

N. V. Deines

Altai Research Institute of Agriculture

35 Nauchny Gorodok, Barnaul, Altai Territory, 656910, Russia,
e-mail: deynes_nikolay@mail.ru**Key words:***oat, collection, accession, line, agronomic traits, productivity***Received:**

04.05.2017

Accepted:

17.11.2017

RESULTS OF THE STUDY OF OAT SOURCE MATERIAL IN THE ENVIRONMENTS OF ALTAI TERRITORY

Background. Oat is an important cereal fodder crop for Altai Territory. Its local area of cultivation is the largest among the regions of Russian Federation: in recent years it has grown, covering 376,600 ha in 2016. Rising consumption of oat as a valuable feed and food product implies an increase in its production. One of the further ways to raise total oat harvest is the development of new high-yielding cultivars with high feed and food properties and their introduction into commercial crop production. This objective will require a search for new sources and donors of valuable traits and characters in the collections of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). **Object.** Conventional methods were employed to study 270 oat accessions of diverse ecological and geographic origin from the VIR collection. The best of them were used as parental forms for the development of breeding lines. **Results and conclusions.** Twenty accessions were selected from the collection nursery for their high kernel number per panicle. They are: 'Chihuahua' (Mexico), 'Borriova' (BRD), 'Rhianon' (Great Britain), 'C.I. 4605' (USA), 'Kalgan' (Australia), etc. Eleven accessions were distinguishable for their kernel size: 'Kalgan' (Australia), 'Fraser' (Canada), 'CDC Boyer' (Canada), 'Dorval' (Canada), 'Mutika 713' (Omsk Prov.), etc. The highest panicle productivity was characteristic of 'C.I. 4204' (USA), 'C.I. 3835' (USA), 'Kalgan' (Australia), 'Mutika 551' (Altai territory), etc. 34 accessions altogether. Low share of hull in grain was observed in 9 accessions: 'CDC Boyer' (Canada), 'Ozark' (USA), 'Orion' (Omsk region), etc. 'Panfive' (Australia), 'Monida' (USA), 'C.I. 4605' (USA), etc. – 16 genotypes altogether – were remarkable for high protein content in grain. Twelve forms were resistant to lodging, including 'Argument' (Altai Territory), 'Irtys 21' (Omsk Prov.), 'Chihuahua' (Mexico), etc. Fourteen accessions were identified as immune or practically resistant to loose smut – *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr.: 'Harmon' (Canada), 'Hedvig' (Sweden), 'Lyon C.I. 9200' (USA). etc. According to the results of this research, domestic and foreign accessions with best performance of agronomic traits were selected for hybridization. Promising breeding lines obtained from the crosses are characterized by high yield, large kernel size, resistance to lodging and loose smut.

Введение

Одним из путей повышения урожайности овса является создание и внедрение в производство специализированных сортов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность, устойчивость к абиотическим и биотическим факторам внешней среды, устойчивость к болезням, засухоустойчивость (Batalova, 2000). Решение столь сложных проблем селекции неразрывно связано с эффективным использованием генофонда мировой коллекции ВИР (Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова), которая насчитывает около 10 тыс. образцов, относящихся к четырем культурным видам, и 2 тыс., принадлежащих к 22 дикорастущим видам (Loskutov, 2006).

В Алтайском НИИ сельского хозяйства работа по селекции овса ведется с 1979 г. Основной метод создания исходного материала – внутривидовая гибридизация с последующим индивидуальным отбором из гибридных популяций 3...6-го поколений (Korobeunikov et al., 2008).

Для создания широкого спектра генетической изменчивости необходимо вовлечение в гибридизацию экологически отдаленных форм, обладающих отдельными хозяйственно полезными признаками или их комплексом. Поэтому все годы большое внимание уделяется изучению коллекционных образцов (Korobeunikov et al., 2008).

Активная работа с коллекцией овса началась в 2003 г. За этот период изучено более 400 образцов из различных стран мира – США, Канады, стран Латинской Америки, Европы, Австралии, Турции и др. В коллекционный питомник были включены и отечественные образцы из Ленинградской, Курской, Кировской, Пермской, Омской, Томской, Новосибирской, Иркутской областей, Красноярского края, Урала, Бурятии. Сотрудничество с ВИР продолжается и в настоящее время.

Материалы и методы

В 2004 г. был сформирован коллекционный питомник из 270 образцов. Опыт был заложен в одном повторении на делянках площадью 2,5 м². Посев проводился сеялкой ССФК-7 с нормой высева 4,5 млн.

всхожих зерен на гектар. Стандарт (ст.) 'Корифей' располагался через 9 образцов.

По данным 2004 г. были отобраны лучшие образцы, изучение которых продолжилось в последующие два года. Эти образцы высевались по типу контрольного питомника в 3-кратном повторении. Площадь делянки составила 5 м².

Сортообразцы анализировали по следующим показателям: продуктивность (г/м²), устойчивость к пыльной головне на инфекционном фоне, полегание, озерненность метелки, продуктивность метелки, крупность зерна, высота растений, пленчатость, содержание белка, вегетационный период.

В течение вегетационного периода определялось наступление основных фаз развития – всходы, выметывание, полная спелость. Дана оценка образцов по густоте продуктивного стеблестоя, полеганию, восприимчивости к пыльной головне согласно методическим указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса (Luk`yanova et al., 1981).

Для анализа восприимчивости к пыльной головне – *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr. – было проведено искусственное заражение образцов пыльной головней. Оно проводилось за 10 дней до посева на смеси-тельной установке «Воронеж-4» местной популяцией патогена. Инфицировалось примерно 100 зерен овса. Стандартами являлись сильно восприимчивые образцы – 'Сир-4', 'Алтайский крупнозерный'. Посев проводился сеялкой СПР в отдельном питомнике искусственного заражения. Перед уборкой подсчитывалось количество зараженных и здоровых растений каждого образца, по этим данным определялась степень заражения в процентах (Krivchenko, 1978).

После уборки и сушки образцы исследовалось на продуктивность с единицы площади (г/м²), продуктивность метелки (озерненность, крупность, масса зерна), пленчатость зерна, содержание белка в зерне.

Анализ по содержанию белка в зерне и пленчатости проводился в лаборатории оценки качества зерна методом инфракрасной спектроскопии на приборе инфракрасном ФТ-10 фирмы «Льюмэкс».

Математическая обработка экспериментальных данных была проведена методами дисперсионного, корреляционного

анализов в изложении Б. А. Доспехова (Dospikhov, 1985) на ПК с использованием программ VIUA, Excel.

Результаты исследований

По результатам проведенных исследований 2004–2006 гг. были отобраны лучшие по хозяйственно полезным признакам образцы отечественной и зарубежной селекции.

Так, по озерненности метелки выделены 20 сортообразцов. Наиболее озерненными оказались ‘Chihuahua’ (к-12233), ‘Borriova’ (к-11508), ‘Rhianon’ (к-13984) и др. (табл. 1).

Большую ценность представляют формы, сохраняющие высокую крупность зерна. Нами выделено 10 образцов, средние значения которых показали превышение над стандартом. Несколько образцов –

‘Kalgan’ (к-14173), ‘Frazer’ (к-11557), ‘CDC Boyer’ (к-14609) – характеризуются постоянным преимуществом по признаку масса 1000 зерен по сравнению со стандартом. Из всех образцов значительнее всех выделяется ‘Kalgan’, средняя за три года масса 1000 семян у него составила 46,4 г, что на 8 г больше чем у стандарта.

Продуктивность метелки – важнейший элемент структуры урожая. По этому признаку обнаружено больше всего образцов, превышающих стандарт. Было отобрано 34 образца. Многие из них – ‘С.И. 4204’ (к-12801), ‘С.И. 3835’ (к-12769), ‘Kalgan’, Мутика 551 и др. – показывают стабильно высокий результат, достоверно превышающий стандарт на протяжении всего периода исследования.

Таблица 1. Источники элементов продуктивности метелки овса (среднее за 2004-2006 гг.)

Table 1. Sources of oat panicle productivity elements (averaged for 2004–2006)

Название образца	Озерненность метелки, шт.	Название образца	Масса 1000 зерен, г	Название образца	Продуктивность метелки, г
С.И. 4204 (к-12801)	44,5	Kalgan (к-14173)	46,4	С.И. 4204 (к-12801)	1,4
С.И. 3835 (к-12769)	46,4	Frazer (к-11557)	40,3	С.И. 3835 (к-12769)	1,7
Kalgan (к-14173)	46,6	Gemini (к-12222)	38,6	Slawko (к-14518)	1,4
Pendek (к-13190)	43,4	Orbit (к-11565)	38,6	Vigor (к-11161)	1,4
Chihuahua (к-12233)	50,7	CDC Boyer (к-14609)	42,9	Kalgan (к-14173)	2,0
Gemini (к-12222)	43,2	Robert (к-14611)	40,4	Pendek (к-13190)	1,6
Orbit (к-11565)	45,4	Dorval (к-11424)	42,6	С.И. 24467 (к-13144)	1,4
Orlando (к-13579)	43,5	Мутика 1610	39,6	Manoir (к-13588)	1,7
С.И. 4605 (к-12832)	48,1	Мутика 713	42,5	Roxston (к-10263)	1,5
Стендский Жёлтый (к-11340)	41,6	Льговский 1026 (к-10790)	38,8	Льговский 9 (к-14506)	1,4
Иртыш 15 (к-14030)	42,5			Starblonde (к-11150)	1,6
Мутика 713	44,5			Cascade (к-13489)	1,6
Мутика 1915	44,5			Виккор (к-12123)	1,4
Мутика 2000	49,9			Иртыш 15 (к-14030)	1,6
Мутика 2006	45,7			Мутика 1610	1,4
Borriova (к-11508)	52,3			Мутика 1318	1,4
Покровский (к-13372)	45,7			Мутика 551	1,7
87 АВ 5259 (к-14551)	46,0			Мутика 713	1,8
Rhianon (к-13984)	50,5			Аргумент (к-15013)	1,4
Monida (к-14264)	43,8			Урал (к-12558)	1,7
				Фобос (к-14421)	1,5
				87 АВ 5259 (к-14551)	1,5

Наряду с элементами структуры урожая 13450) (низкопенчатые); ‘С.І. 4605’ (к-12832), ‘Памяти Богачкова’ (к-14778), (высокобелковые, устойчивые к полеганию, иммунные и практически устойчивые к пыльной головне генотипы (табл. 2). Среди них – ‘CDC Boyer’, ‘Фаленский кормовой’ (к-13450) (низкопенчатые); ‘С.І. 4605’ (к-12832), ‘Памяти Богачкова’ (к-14778), (высокобелковые). В таблицу включены наиболее устойчивые к полеганию формы, а также сорта и образцы, имеющие иммунитет к пыльной головне.

Таблица 2. Источники хозяйственно полезных признаков овса (среднее за 2004-2006 гг.).
Table 2. Sources of agronomic traits in oat (averaged for 2004–2006)

Название образца	Пленчатость, %	Название образца	Белок, %	Устойчивость к полеганию	Устойчивость к пыльной головне
Orlando (к-13579)	23,6	Orbit(к-11565)	14,3	Аргумент (к-15013)	Carrolun (к-14539)
CDC Boyer (к-14609)	23,1	Tiger (к-11664)	14,1	Иртыш 21 (к-12780)	Cherrie noire (к-13399)
Ugano-INIA (к-14535)	22,4	Panfive (к-14547)	14,8	Иртыш 13 (к-13924)	С.І. 24467 (к-13144)
37-10 (к-14502)	23,9	Orlando (к-13579)	14,3	Мутика 1610	Frazer (к-11557)
Ozark (к-14626)	22,4	37-10 (к-14502)	14,0	Мутика 1915	Pendek (к-13190)
Львовский 9 (к-14506)	23,9	Jongen sklip (к-11427)	14,1	С.І. 24467 (к-13144)	Caunse (к-14848)
Орион (к-14442)	23,7	Урал (к-12558)	14,3	Мутика 2065	Donald (к-13941)
Фаленский кормовой (к-13450)	23,4	Памяти Богачкова (к-14778)	14,7	Краснообский (к-13952)	Chihuahua (к-12233)
Покровский (к-13372)	23,4	Краснообский (к-13952)	14,1	86 АВ 388 (к-14556)	Lyon С.І. 9200 (к-14459)
		Лидия (к-13749)	14,0	Дон (к-14624)	President (к-8211)
		Фауст (к-14781)	14,0	Cigale (к-14640)	37-10 (к-14502)
		87 АВ 5259 (к-14551)	14,7	Chihuahua (к-12233)	Western oats (к-10260)
		Левша (к-15014)	14,7		Harmon (к-11449)
		Monida (к-14264)	14,8		Hedwig (к-12258)
		Мутика 2006	14,0		
		С.І.-4605 (к-12832)	14,6		

После детального анализа образцов цветков. Завязываемость составляла в среднем 23,4%. В последние годы в питомнике КСИ 3-го года изучаются образцы, полученные в результате гибридизации 2001–2007 гг. (табл. 3). Для этого требовалось кастрировать 6–8 тыс.

Таблица 3. Урожайность лучших сортообразцов овса в конкурсном сортоиспытании.
Table 3. Yield of the best oat cultivar lines in a competitive variety trial

Образец	Происхождение	Урожайность, т/га				
		2014 год	2015 год	2016 год	Среднее за 3 года	прибавка к стандарту
Корифей, ст		1,72	3,90	4,01	3,21	
Мутика3058	М.1539 × Calgan	2,00*	4,23	4,24	3,49	+0,28
Мутика3097	Дальневост.2 × М.1652	2,03*	4,68*	5,31*	4,01	+0,80
Мутика4006	Calgan × Корифей	2,14*	4,58*	4,08	3,60	+0,39
Мутика4011	М.551 × Хедвиг	1,92	4,52*	4,51*	3,65	+0,44
Мутика4012	М.551 × Calgan	2,40*	4,31*	4,87*	3,86	+0,65
Мутика4022	Чародей × М.1652	2,03*	5,13*	3,95	3,70	+0,49
Мутика4040	Чародей × Slavko	2,10*	4,37*	5,00*	3,78	+0,57
Мутика4047	к 7824 × Calgan	2,04*	4,71*	4,59*	3,73	+0,52
НСР 0,05		0,28	0,37	0,38		

* достоверно при $P_{0,05}$

Представленные образцы имеют превышение над стандартом по урожайности. Максимальная продуктивность выявлена у линий Мутика 3097 (4,01 т/га), Мутика 4040 (3,78 т/га) и др., прибавка к стандарту

у которых составляет 24,9 и 17,7% соответственно. Немалую практическую ценность имеют линии и по комплексу хозяйственно полезных признаков (табл. 4).

Таблица 4. Характеристика образцов овса в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2014-2016 гг.)
Table 4. Characteristics of oat accessions in a competitive variety trial (averaged for 2014-2016)

Сорт, образец	Масса 1000 зерен, г	Восприимч. к пыльной головне, %*	Натура, г/л	Пленчатость, %	Устойчивость к полеганию, балл
Корифей, ст.	36,4	50	448	25,1	5
Мутика 3058	40,7	25	424	27,7	5
Мутика 3097	41,3	25	414	24,5	4
Мутика 4006	41,8	15	431	26,9	4
Мутика 4011	39,4	5	427	25,9	3
Мутика 4012	39,7	2	430	25,9	5
Мутика 4022	36,1	5,2	417	27,2	5
Мутика 4040	39,6	13	461	23,1	4
Мутика 4047	42,7	10	399	26,2	4

*показана максимальная восприимчивость к пыльной головне на искусственном фоне

Большое значение имеет устойчивость овса к болезням. Наиболее распространенной болезнью в Алтайском крае является пыльная головня (*Ustilago avenae*). За последние три года степень восприимчивости к этой болезни в зависимости от условий вегетации варьировалась от незначительной (2014 г.) до сильной (2015 г.). В таких условиях две линии оказались практически устойчивыми к заболеванию (Мутика 4012 и Мутика 4011). Поражение не превышает 5%, остальные линии поражались пыльной головней в слабой степени – до 25% по шкале В. И. Кривченко (Krivchenko, 1978). Не меньший интерес представляет такой элемент структуры урожая как крупнозерность. Масса 1000 зерен имеет большое значение, поскольку наряду с озернен-

ностью формирует продуктивность метелки. В то же время, для Западной Сибири, поля которой сильно заовсюжены, крупнозерность имеет большое производственное значение. Большинство образцов показали высокую крупность зерна. Среди них можно выделить линии Мутика 4006, Мутика 3097, Мутика 4047 как наиболее крупнозерные. В годы, когда лимитирующим признаком является устойчивость к полеганию, преимущество имеют наименее склонные к данному явлению образцы. К таковым относятся Мутика 3058, Мутика 4022, Мутика 4012.

Пленчатость большинства образцов находится в пределах значения стандарта. Линии Мутика 4040 и Мутика 3097 имеют пленчатость ниже стандартного сорта, остальные имеют несколько более высокие показатели по данному признаку.

По натуре зерна выделяется линия Мутика 4040.

Выводы

В результате проведенного анализа коллекционных образцов овса были выделены образцы, отвечающие требованиям продуктивности, крупности зерна, устойчивости к полеганию, болезням и т. д. С их участием были получены селекционные линии, обладающие комплексом хозяйственно полезных признаков. Данный материал может быть использован в селекционной работе по улучшению некоторых признаков: урожайность, низкопленчатость, высокое содержание белка, устойчивость к полеганию, устойчивость к пыльной головне (*Ustilago avenae*).

Продолжается работа по изучению линий с целью передачи их для государственного сортоиспытания.

References/Литература

- Batalova G. A.* Oat. Cultivation Technology and Breeding. (Ovjos. Technologija vozdeljvanija i selekcija) Kirov: NIISH Severo-Vostoka, 2000, 206 p. [in Russian] (*Баталова Г. А.* Овес. Технология возделывания и селекция. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 206 с.).
- Dospikhov B. A.* Field Test Technique (Metodika polevogo opy`ta) Moscow: Agropromizdat, 1985. 350 p. [in Russian] (*Доспихов Б. А.* Методика полевого опыта. / Б. А. Доспихов. М.: Агропромиздат, 1985. 350 с.)
- Korobeinikov N. I., Rozova M. A., Boradulina V. A.* Results and major challenges in cereal breeding in Altai territory (Rezul`taty i osnovnye zadachi selekcii zernovykh kul`tur v Altaiskom krae) // Dostizhenija nauki i tehniki v APK – Achievements in science and technology of agro-industrial complex, 2008, no. 11, pp. 13–17 [in Russian] (*Коробейников Н. И., Розова М. А., Борадулина В. А.* Результаты и основные задачи селекции зерновых культур в Алтайском крае // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 11. С. 13–17).
- Krivchenko V. I.* et all. Study of resistance in cereals and race composition of smut infections (Izuchenie ustoychivosti zernovykh kultur i rasovogo sostava vozбудiteley golovnyovykh bolezney). Leningrad: VIR, 1978, 107 p. [in Russian] (*Кривченко В. И.* и др. Изучение устойчивости зерновых культур и расового состава возбудителей головневых болезней. Л.: ВИР, 1978. 107 с.).
- Loskutov I. G.* Modern system of *Avena* L. genus // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding, 2006, vol. 162, pp. 84–97 [in Russian] (*Лоскутов И. Г.* Современная система рода *Avena* L. Генетические ресурсы ржи, ячменя и овса // Тр. по прикл. бот., ген. и сел., 2006. Т. 162. С. 84–97).
- Luk`yanova M. V., Radionova N. A., Trofimovskaya A. Ya.* Guidelines for study of world collection of barley and oat. (Metodicheskie ukazaniya po izucheniju mirovoj kollekcii jachmenja i ovsa), Leningrad: VIR, 1981, 39 p. [in Russian] (*Лукианова М. В., Радионова Н. А., Трофимовская А. Я.* Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л.: ВИР, 1981. 39 с.).

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-43-48

УДК 633.13:632(470.11)

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

А. Д. Кабашов¹, В. А. Корелина², Н. П. Зинина²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Немчиновка»

143026, Россия, Московская обл., Одинцовский район, р.п. Новоивановское, ул. Калинина, д. 1, e-mail: ovesmoskov@yandex.ru

²Приморский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Российской академии наук «Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» ПФ ФГБУН ФИЦ КИА РАН – АрхНИИСХ, 163032, Россия, Архангельская обл., Приморский р-он, п. Луговой, д. 10; e-mail: ksoch00@mail.ru

Ключевые слова:

селекционные образцы, устойчивость, степень поражения, пыльная головня, красно-бурая пятнистость

Поступление:

23.05.2017

Принято:

17.11.2017

УСТОЙЧИВОСТЬ ОВСА ПОСЕВНОГО К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ И КРАСНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ФОНЕ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА РФ

Актуальность. Овес посевной (*Avena sativa* L.) – одна из наиболее распространенных зерновых культур. Повышение урожайности овса в значительной степени сдерживается из-за болезней, которые в ряде случаев препятствуют развитию растений и формированию урожая. Перспективным направлением снижения потерь остается выведение и использование устойчивых к болезням сортов. На Севере наиболее распространены и вредоносны пыльная головня – *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr. и красно-бурая пятнистость – *Pyrenophora avenae* S. Ito & Kurib. По устойчивости к этим болезням и был оценен селекционный материал. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2014–2016 гг. в Федеральном государственном унитарном предприятии «Котласское» (ФГУП «Котласское») Архангельской обл. Изучили 57 образцов овса посевного пленчатых и голозерных форм, предоставленных для испытания селекционерами Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Немчиновка» (ФГБНУ Московский НИИСХ «Немчиновка»). Полевую оценку селекционного материала проводили по общепринятой методике. Учеты и наблюдения осуществляли согласно «Методическим указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса», «Методике Государственного испытания сельскохозяйственных культур». **Результаты и выводы.** В наших исследованиях отмечено поражение метелок овса пыльной головней от 1 до 7,8%. Среди исследуемых образцов симптомы заболевания не выявлены у пленчатых линий 10h2401 и 6h2321, а также голозерных линий 38h2273, 11h2267 и 2h2348. В период исследований степень поражения растений овса красно-бурой пятнистостью варьировала от 3 до 50%. Наиболее устойчивы к заболеванию образцы –10h2401 и 23h2201. По результатам трехлетних испытаний выделены перспективные линии с высокими показателями продуктивности зерна, выделившиеся по устойчивости к красно-бурой пятнистости, которые будут вовлечены в дальнейший селекционный процесс.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-43-48

ORIGINAL ARTICLE

A. D. Kabachov¹, V. A. Korelina², N. P. Zinina²

¹Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", 1 Kalinina St., RP Novoi-vanovskoye, Odintsovo District, Moscow Province, 143026, Russia, e-mail: ovesmoskov@yandex.ru

²Arkhangelsk Research Institute of Agriculture, Primorsky Branch of the Federal Research Center for Integrated Study of the Arctic, RAS (ARNIISKh), 10 Lugovoy Settlement, Primorsky District, Arkhangelsk Province, 163032, Russia, e-mail: ksoch00@mail.ru

Key words:

breeding accessions, resistance, disease incidence, loose smut, red-brown leaf spot

Received:

23.05.2017

Accepted:

17.11.2017

OAT RESISTANCE TO LOOSE SMUT AND RED-BROWN LEAF SPOT UNDER NATURAL DISEASE DEVELOPMENT CONDITIONS IN THE NORTH OF THE RUSSIAN FEDERATION

Background. Common oat (*Avena sativa* L.) is one of the most widespread cereal crops. Oat yield increase is noticeably hindered by diseases that in some cases restrain plant development and yield formation. Development and utilization of disease resistant cultivars still remain a promising way to reduce losses. The most active and harmful oat diseases in the north of Russia are loose smut – *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr. and red-brown leaf spot – *Pyrenophora avenae* S. Ito & Kurib. It is for the resistance to these diseases that the breeding material was evaluated. **Materials and methods.** The studies were carried out in 2014–2016 at the Kotlasskoye Federal State Unitarian Enterprise, Arkhangelsk Province, involving 57 hulled and hulless oat accessions submitted for trials by Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka". Field-based assessment of the breeding material was made by conventional methods. Records and observations complied with the Guidelines for Studying the Global Collections of Barley and Oats, and the State Methodology for Crop Trials. **Results and conclusions.** According to our observations, from 1 to 7.8 percent of oat panicles were afflicted by loose smut. Among the tested accessions, no symptoms of this disease were manifested by the hulled lines 10h2401 and 6h2321, and hulless lines 38h2273, 11h2267 and 2h2348. During the reported period of research, the degree of red-brown leaf spot incidence in oat plants varied from 3 to 50 percent. The highest resistance to this disease was observed in the accessions 10h2401 and 23h2201.

The three-year trials resulted in identification of promising high-yielding lines noticeable for their resistance to red-brown spot; these will be used in breeding programs.

Введение

Овес посевной (*Avena sativa* L.) – культура с высоким биологическим потенциалом продуктивности в условиях Европейского Севера, которая обеспечивает возможность получения полноценных пищевых продуктов и сбалансированных комбикормов. Овес в смеси с зернобобовыми культурами является единственной экономически выгодной кормовой культурой на севере Европейской части России. Селекционная работа ведется по пути создания сортов, адаптированных к климатическим условиям Севера и устойчивых к наиболее распространенным болезням. Болезни и вредители остаются важнейшими факторами снижения урожая и качества зерна. Наиболее распространенными болезнями овса в Архангельской области являются пыльная головня – *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr., корневые гнили и красно-бурая пятнистость – *Pyrenophora avenae* S. Ito & Kurib. (Kolomejchenko, 2007). Потери урожая от пыльной головни могут составлять 10–30%, а в годы эпифитотий – 50–70%, вплоть до полной гибели посевов (Karatygin, 1986; Sartakova, 2004). Болезни не только угнетают растения, снижая крупность зерновки и урожай с единицы площади, но и ухудшают его качество за счет накопления жизнедеятельности патогенов. Содержание головневых мешочков в зерне овса при заготовках на пищевые цели и фураж допускается не более 0,1%. У овса, пораженного красно-бурой пятнистостью, нарушается функция листового аппарата, при сильном поражении листья усыхают, овес полегает, зерно развивается щуплым. Степень поражения растений устанавливают по проценту площади листьев, покрытых пятнами (Loskutov, 2008). Используемые химические средства дороги и небезопасны для человека и окружающей среды. Самый безопасный способ борьбы с болезнями – это создание устойчивых сортов.

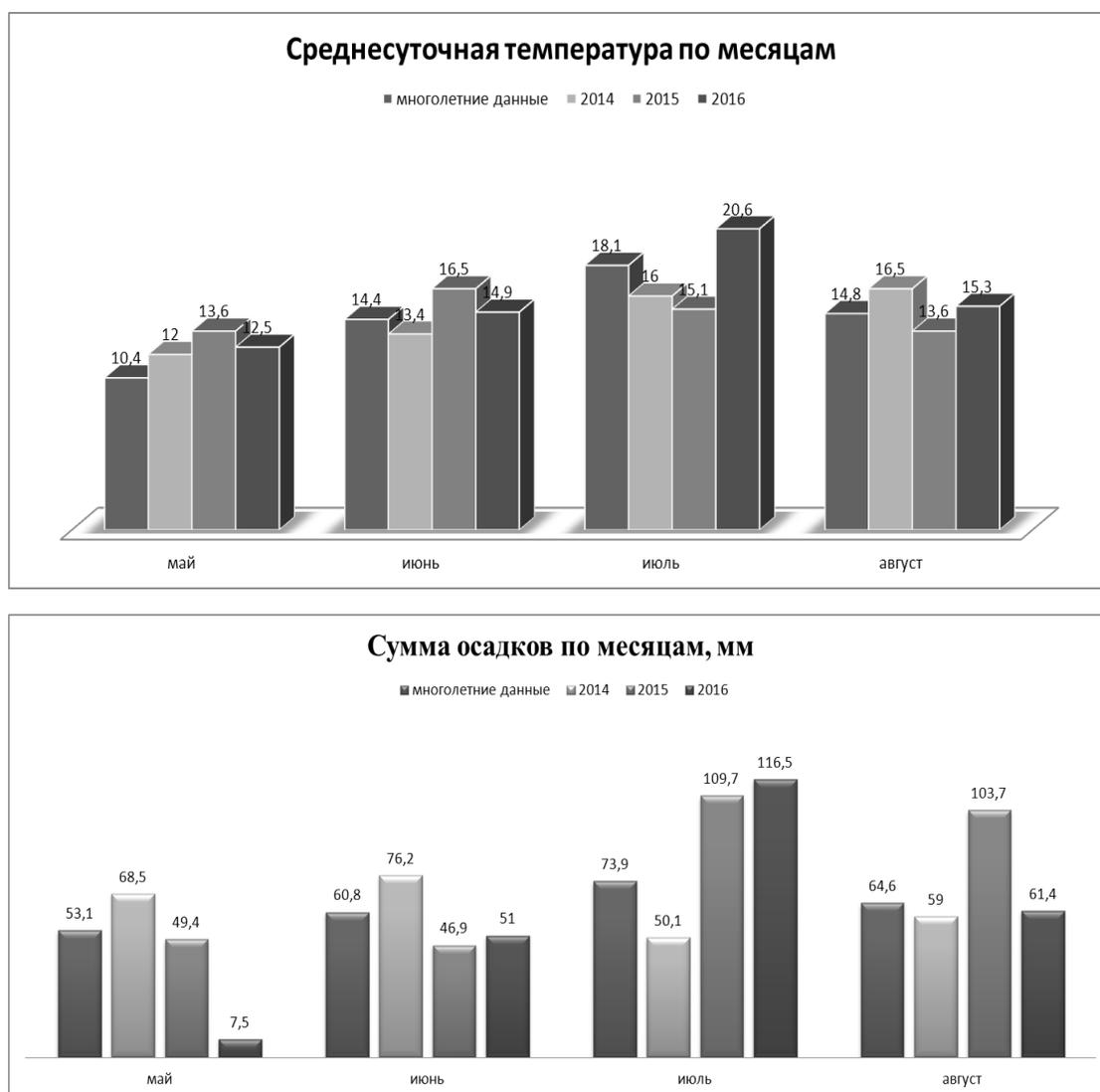
Цель наших исследований – оценить селекционный материал по устойчивости к пыльной головне и красно-бурой пятнистости, выделить наиболее перспективные образцы в условиях Северного региона РФ.

Условия, материалы и методы

Исследования проведены в 2014–2016 гг. в Федеральном государственном унитарном предприятии «Котласское» (ФГУП «Котласское») Архангельской области. Изучали 57 образцов *Avena sativa*, полученных из ФГБНУ Московский НИИСХ «Немчиновка». Питомник по типу конкурсного сортоиспытания был заложен в двух вариантах – для учета семян и зеленой массы, в трехкратной повторности с учетной площадью 10 м². Сорта в повторностях опыта размещали методом рендомизации. Сорта-стандарты ‘Черниговский 83’ и ‘Кречет’ были размещены через каждые 10 образцов. Образцы высевали рано весной при физической спелости почвы сеялкой СН-16 обычным рядовым способом с нормой высева 5,5 млн шт. всхожих семян на 1 га, на глубину 3–4 см. Полевую оценку проводили в фазу выметывания, степень поражения пятнистостью устанавливали по проценту площади листьев, покрытых пятнами. При проведении опытов руководствовались «Методическими указаниями по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» (Loskutov et al., 2012) и «Методическими указаниями по селекции ячменя и овса» (Batalova et al., 2014). Метеорологические условия в годы проведения исследований различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков (рисунок). Распределение осадков было крайне неравномерным. Среднесуточная температура вегетационного периода 2014 г. была на 0,8 градуса выше нормы, количество осадков составило – 99% от нормы. Среднесуточная температура вегетационного периода 2015 г. была на 1,0°С выше нормы, количество осадков – на 22% выше нормы. Июль можно охарактеризовать как очень холодный, с количеством осадков на 50% выше среднеемноголетних данных, что способствовало развитию возбудителя пыльной головни. Среднесуточная температура вегетационного периода 2016 г. была на 2–3°С выше нормы, количество осадков составило 93% от нормы.

Рисунок. Среднесуточная температура (°C) и сумма осадков (мм) по месяцам (Курцево, 2014–2016 гг.)

Figure. Chart of daily mean temperatures (°C) and rainfall (mm) by months (Kurtsevo, 2014–2016)



Результаты и обсуждение

Сорт-стандарт ‘Кречет’ поражен возбудителем пыльной головни только в 2014 г. (1%), у сорта-стандарта ‘Черниговский 83’ симптомы поражения в течение трех лет исследований не были обнаружены (таблица). Среди пленчатых линий поразились линии 23h2201. Пленчатые линии 10h2401 и 6h2321, а также голозерные линии 38h2273, 11h2267 и 2h2348 не поражались пыльной головней все три года исследований. Красно-

бурой пятнистостью поражались все изучаемые линии и оба стандарта – ‘Кречет’ и ‘Черниговский 83’. В фазу выметывания поражение пятнистостью составило в 2014 г. от 10 до 25%. В 2015 г. поражение образцов было наиболее сильным – от 25 до 75%. Наиболее устойчивы линии 10h2401 и 23h2201, поражение которых в 2015 г. составило 25%. На развитие болезни сильное влияние оказывали количество осадков и температурный режим.

Таблица. Степень поражения овса пыльной головней (*Ustilago avenae*) и красно-бурой пятнистостью (*Pyrenophora avenae*) (Курцево, 2014–2016 гг.)
Table. The degree of loose smut (*Ustilago avenae*) and red-brown leaf spot (*Pyrenophora avenae*) incidence among oat accessions (Kurtsevo, 2014–2016)

№ п/п	Селекционный образец	Разновидность	Комбинации скрещиваний	Поражение овса пыльной головней (<i>Ustilago avenae</i>), %			Поражение красно-бурой пятнистостью (<i>Pyrenophora avenae</i>), %		
				2014	2015	2016	2014	2015	2016
1	Черниговский 83, St	пленчатый	Либертас × Льговский 1026	0	0	0	25	75	5
2	Кречет, St		АС-805 (Германия) × Sigfrid (Германия)	1	0	0	10	50	3
3	10h2401		77 h1944 × Залп	0	0	0	15	25	10
4	6h2321		Тюменский голозерный × 15h1880	0	0	0	10	75	0
5	23h2201		Враун × 12h1968	–	7,8	0,2	–	25	5
6	38h2273	голозерный	Ac lotta × 2h1720	0	0	0	10	50	10
7	11h2267		Provena × 3/19h1948	0	0	0	10	50	5
8	2h2348		Крестьянский местный × Рысак	0	0	0	10	30	30

Линии 10h2401 и 6h3221 по всем параметрам превосходили наиболее урожайный стандарт 'Кречет'. Все пленчатые образцы имеют массу 1000 зерен выше, чем стандарт. Наиболее крупнозерный образец 23h2201, масса 1000 зерен которого составила 53,2 г. Самая низкая доля пленок в зерне отмечена у линии 6h2321 (22–23%).

Выводы

По устойчивости к красно-бурой пятнистости выделились линии 10h2401 и 23h2201.

Линия универсального назначения 10h2401 (Архан) выделилась также по устойчивости к полеганию, урожайности зерна и зеленой массе и характеризуется низкой пленчатостью, большой массой 1000 зерен.

В 2017 г. линия 10h2401 была размножена и передана в Государственное сортоиспытание.

References/Литература

- Kolomejchenko V. V.* Rasteniyevodstvo. Moscow, 2007, 150 p. [in Russian] (*Коломейченко В. В.* Растениеводство. М., 2007. 150 с.).
- Karatygin I. V.* Bozбудiteli golovni zernovykh rulltur Leningrad: Nauka, 1986, 112 p. [in Russian] (*Каратыгин И. В.* Возбудители головни зерновых культур. Л: Наука, 1986. 112 с.).
- Sartakova S. V.* Bilezni ovsa v Zapadnoj Sibiri // Sbornik: Seleksiya s/kh kul'tur na imunitet. Novosibirsk, 2004, pp. 129–134 [in Russian] (*Сартакова С. В.* Болезни овса Западной Сибири // Сборник: Селекция с/х культур на иммунитет. Новосибирск, 2004. С. 129–134).
- Loskutov I. G.* Ryatnistosti ovsa // izuchenie geneticheskikh resursov zernovykh rulltur po ustojchivosti k vrednym organizmam. Metodicheskoe posobie. Moscow: Rossel'khozakademiya, 2008, pp. 142–149 [in Russian] (*Лоскутов И. Г.* Пятнистости овса // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие. М.: Россельхозакадемия, 2008. С. 142–149).
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V.* Methodological guidance directory for studying and maintaining VIR's collections of barley and oat. St. Peterburg: VIR, 2012, 63 pp. [in Russian] (*Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В.* Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 63 с.).
- Batalova G. A., Shirokikh I. G., Shhennikova I. N.* Metodicheskie ukazaniya po seleksii yachmenya i ovsa. Kirov, 2014, 62 p. [in Russian] (*Баталова Г. А., Широких И. Г., Щенникова И. Н.* Методические указания по селекции ячменя и овса. Киров, 2014. 62 с.).

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ
РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ
ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-49-55

УДК 631.527: 634.21

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Ф. М. Гасымов

Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Южно-Уральский научно-иссле-
довательский институт
садоводства и картофелевод-
ства»
454902, Россия, г. Челябинск, ул.
Гидрострой, д. 16
e-mail: lstpik@mail.ru

ОЦЕНКА ГЕНОФОНДА АБРИКОСА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Лабораторией селекции и технологии плодовых культур ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства» в период 2001–2016 гг. проведены исследования с целью оценки биологического потенциала и выявления закономерностей наследования хозяйственно ценных признаков абрикоса. Многолетнее изучение генофонда этой культуры на Южном Урале позволило выделить семьи, обеспечивающие высокий выход семян с повышенной зимостойкостью, продуктивностью и устойчивостью к болезням и вредителям. По зимостойкости особо отличаются семена абрикоса из семьи «Пикантный от свободного опыления». Плодовые почки этих форм более устойчивы к зимним колебаниям температуры, а как следствие, они имеют ежегодное плодоношение. Высоким качеством плодов отличаются семена абрикоса из семьи «Кичигинский от свободного опыления». Выделены сорта, передающие по наследству свои положительные признаки (высокая морозоустойчивость, зимостойкость, а также качества плодов), – ‘Пикантный’ и ‘Кичигинский’. Отмечено, что, сорта абрикоса маньчжурского характеризуются коротким периодом покоя, на Южном Урале они часто попадают под негативное воздействие весенних возвратных заморозков, что приводит к нестабильному плодоношению. В семенах абрикоса обыкновенного отобраны позднеспелые генотипы с поздними сроками цветения. Они будут привлекаться в селекцию абрикоса маньчжурского с целью обеспечения стабильности плодоношения. Из гибридов нового поколения отличаются семена абрикоса «Орского происхождения». Из семьи «Орский урожайный от свободного опыления» по признакам зимостойкость и высокого качества плодов выделено 10,9% семян, из семьи «Орский вкусный» – 5,2%, а «Орский крупный» – 4,3% семян.

Ключевые слова:

абрикос, селекция, сорт, зимостойкость, качества плодов, генофонд, гибридные семьи

Поступление:

22.03.2017

Принято:

17.11.2017

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-49-55

ORIGINAL ARTICLE

F. M. Gasyimov

South Ural Research Institute of
Horticulture and Potato Cultiva-
tion,
16 Hidrostroy St., Chelyabinsk,
454902, Russia,
e-mail: [lstpk@mail.ru](mailto:lstpik@mail.ru)

Key words:

*apricot, breeding, variety, win-
ter hardiness, fruit quality, gene
pool, hybrid families*

Received:

22.03.2017

Accepted:

17.11.2017

EVALUATION OF THE APRICOT GENE POOL IN THE SOUTHERN URALS

In 2001–2016, the Laboratory of Fruit Breeding and Technology of the South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Cultivation implemented a research project to assess the biological potential and find the patterns of inheritance of economically valuable traits in apricot. Long-term study of the gene pool of this crop in the Southern Urals helped to identify families providing high yield of seedlings with increased winter hardiness, productivity, and resistance to diseases and pests. Apricot seedlings from the family 'Pikantny from free pollination' demonstrated the highest winter hardiness. Fruit buds of these forms are more resistant to winter temperature fluctuations, and, as a result, they produce fruit every year. High quality of fruits was observed in apricot seedlings from the family "Kichiginsky from free pollination". 'Pikantny' and 'Kichiginsky' were identified as varieties transferring their positive characteristics (high frost resistance, winter hardiness, and fruit quality) to their progeny. Varieties of Manchurian apricot are characterized by a short dormancy period: in the Southern Urals, they are often afflicted by recurrent spring-time frosts, which results in unstable fruiting. Among common apricot seedlings, late-ripening genotypes with late flowering phases were selected. They will be used in breeding work with Manchurian apricot to ensure its fruiting stability. Distinguished among the new generation hybrids are apricot seedlings of the "Orsky origin" group. In the family "Orsky from free pollination", 10.9 percent of seedlings were selected for their winter hardiness and high quality of fruits; in the family "Orsky delicious", 5.2 percent; in Orsky large', 4.3 percent.

Введение

Косточковые культуры обладают многими ценными свойствами, что обеспечило им большую популярность и широкое распространение в России. Однако в настоящее время валовой сбор плодов этих культур не удовлетворяет потребности населения. Значительная часть существующего сортимента характеризуется низкой устойчивостью к неблагоприятным воздействиям биотических и абиотических факторов внешней среды, что является главной причиной снижения урожайности косточковых насаждений (Gasymov, 2005). Совершенствование научных основ селекции, использование новых подходов и методов с учетом биологических особенностей абрикоса, обогащение исходного генофонда, ускорение и повышение эффективности селекционного процесса для создания сортов интенсивного типа являются актуальными для садоводства (Gogina, 2014). В соответствии с государственным заданием учеными ЮУНИИСК ведется селекционная работа по поиску доноров устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам, передаются на испытания новые сорта косточковых культур, превышающие по этим показателям районированные стандарты (Glaz, 2016). Цель настоящего исследования – оценить биологический потенциал абрикоса и выявить закономерности наследования важнейших селекционно-значимых признаков. В задачи исследований входило выделение генетических источников селекционно-ценных и адаптивно значимых признаков для дальнейшего их использования в селекции абрикоса.

Материал и методика

Работа выполнена в лаборатории селекции и технологии плодовых культур Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства (ЮУНИИСК) в период 2001–2016 гг. Объектом исследований являлись гибридные сеянцы, сорта и различные формы абрикоса.

Отбор перспективных форм, гибридизация, учеты и наблюдения проведены по программам и методикам селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур) (Programme and methodology..., 1973; Programme and methodology..., 1999). Математическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа по методике, изложенной Б. А. Доспеховым (Dospikhov, 1985).

Посадку сеянцев в селекционный сад выполняли по схеме $4 \times 1,5$ м. До плодоношения проводили индивидуальную оценку сеянцев на признаки: зимостойкости, силы роста, культурного сложения, устойчивости к вредителям и болезням. Скороплодность, урожайность и качество плодов изучали с начала плодоношения.

Результаты

Многолетнее изучение отборных сеянцев, а также всего гибридного фонда плодово-ягодных культур в соответствии с разработанной по каждой культуре методикой селекционного процесса позволило дать оценку генофонда абрикоса по наиболее важным хозяйственно ценным признакам, в частности, по зимостойкости, высокой продуктивности и устойчивости к болезням и вредителям (Glaz, 2016; Glaz et al., 2016). По многолетним данным наиболее зимостойкими оказались сеянцы абрикоса из семьи «Пикантный от свободного опыления» (табл. 1). Плодовые почки этих форм более устойчивы к зимним колебаниям температуры. Кроме того, сеянцы абрикоса от свободного опыления сорта «Пикантный» отличаются ежегодным плодоношением. Анализ данных показывает, что сорт «Пикантный» передает по наследству свой положительный признак – зимостойкость плодовых почек. Гибридные сеянцы сорта «Пикантный», кроме зимостойкости, так же отличаются высокой устойчивостью к болезням, хорошим качеством плодов, хорошей отделяемостью косточек и другими хозяйственно ценными признаками (табл. 2).

Таблица 1. Результаты оценки семей абрикоса по хозяйственно ценным признакам (годы изучения 2001–2016 гг., Южно-Уральский НИИСК, Челябинск)
Table 1. The results of the evaluation of apricot families according to their economically valuable traits (years of study: 2001–2016; YUNIISK, Chelyabinsk)

Название гибридной семьи	Год посадки	К-во семян шт.	Выделено семян с высокой зимостойкостью.		Выделено семян с высокой зимостойкостью и качеством плодов		В том числе выделено в элиту	Получено сортов
			шт.	%	шт.	%		
Пикантный × св. опыл.	1992	756	725	95,9	22	2,9	2	Снежинский
Кичигинский × св. опыл.	1992	697	606	86,9	13	1,9	1	Медовый Золотой нектар Уралец Призёр
Сеянцы маньчжурского абрикоса	1992	2360	2249	95,3	9	0,4	1	0
Кичигинский × Пикантный	1995	27	21	77,8	1	3,7	1	Бархатный
Пикантный × Кичигинский	1995	38	31	81,6	1	2,6	0	0
Золотая кост. × св. опыл.	1992	114	104	91,2	1	0,9	0	0
Кичигинский × Первенец	2001-2006	205	190	92,6	3	1,4	0	0
Снежинский × Кичигинский	2006	53	48	90,5	1	1,8	0	0
Кичигинский × Снежинский	2006	48	45	93,7	1	2,0	0	0
Снежинский × Пикантный	2006	34	29	85,2	1	2,9	0	0
Орский крупный × св. опыл.	2009	115	71	61,7	5	4,3	0	0
Орский вкусный × св. опыл.	2009	155	110	71,0	8	5,2	0	0
Орский урожайный × св. опыл.	2009	64	42	65,6	7	10,9	0	0
Сеянцы маньчжурского абрикоса	2009	167	158	94,6	3	1,8	0	0

Примечание: св. опыл. – свободное опыление

**Таблица 2. Характеристика отборных сеянцев абрикоса из семьи сорта Пи-
кантный (Южно-Уральский НИИСК, Челябинск)**
**Table 2. Characteristics of selected apricot seedlings from the Pikantny family
(YUNIISK, Chelyabinsk)**

Название сорта/сеянца	Генетическое происхождение	Характеристика дерева		Характеристика плода		
		Общая степень подмерзания (балл)	Поражение клястероспориозом, (балл)	Качество плодов (балл)	Присутствие терпкости (балл)	Размер плода (г)
Снежинский	Пикантный × св. опыл.	0,9	0,8	4,5	0,3	23,0
5-38-22	Пикантный × св. опыл.	0,8	0,8	4,2	1,0	15,6
5-38-62	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,3	4,3	0,5	16,1
5-39-47	Пикантный × св. опыл.	0,9	0,5	4,2	0,5	20,4
5-37-120	Пикантный × св. опыл.	0,8	0,5	4,1	0,7	18,5
5-37-94	Пикантный × св. опыл.	0,8	0,5	4,5	0,3	18,3
5-37-73	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,5	4,2	0,6	20,1
5-37-62	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,6	4,1	0,8	21,3
5-37-18	Пикантный × св. опыл.	0,8	0,6	4,5	0,3	15,2
5-37-1	Пикантный × св. опыл.	0,5	0,5	4,1	0,7	15,6
5-37-76	Пикантный × св. опыл.	0,9	0,4	4,5	0,3	17,5
5-38-83	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,3	4,1	0,9	17,2
5-37-68	Пикантный × св. опыл.	0,6	0,7	4,2	0,6	16,5
5-38-85	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,8	4,2	0,7	19,1
6-29-5	Пикантный × св. опыл.	0,6	0,5	4,3	0,6	18,3
6-30-15	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,4	4,5	0,3	15,7
6-32-48	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,6	4,1	0,8	20,5
6-32-34	Пикантный × св. опыл.	0,8	0,5	4,2	0,6	21,3
6-33-56	Пикантный × св. опыл.	0,8	0,5	4,3	0,5	20,6
6-33-65	Пикантный × св. опыл.	0,9	0,5	4,2	0,6	16,4
6-34-11	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,7	4,0	1,0	24,1
6-34-12	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,7	4,5	0,3	17,2
6-34-38	Пикантный × св. опыл.	0,7	0,6	4,1	0,9	21,4
5-38-97	Пикантный × Кичигинский.	0,8	0,4	4,2	0,7	20,8
5-39-88	Пикантный × Кичигинский.	0,9	0,6	4,3	0,4	18,6
НСР ₀₅		0,10	0,15	0,36	0,13	0,35

Примечание: св. опыл. – свободное опыление

У гибридов сорта 'Кичигинский' доминирует хорошее качество плодов. Из семьи «Кичигинский от свободного опыления» посадки 1992 г. выделено 13 сеянцев, получено 4 сорта ('Медовый', 'Золотой нектар', 'Уралец', 'Призёр'). Один сеянец (5-37-63), обладающий хорошими качествами плодов, выделен в элиту (см. табл. 1).

Многолетние наблюдения показали, что, несмотря на высокую морозостойкость плодовых почек и всего дерева, сорта, происходящие от абрикоса маньчжурского, имеют короткий период покоя. А как следствие, все остальные фенологические фазы у них наступают раньше, чем у сортов абрикоса обыкновенного: цветение, окончание роста побегов, созревание плодов, листопад. Эти признаки, несомненно, можно считать достоинством абрикоса маньчжурского, исключая раннее цветение, которое часто приводит к потере урожая из-за повреждения возвратными заморозками в весенний период. Например, в 2015 и 2016 гг. в связи с заморозками период цветения, сорта, созданные на базе абрикоса маньчжурского, несмотря на обильное цветение, были малоурожайными. Уже при заморозке до -5°C отмечалась значительная гибель плодовых почек, соответственно, урожайность с одного дерева не превышала 2–3-х кг.

Таким образом, сорта абрикоса маньчжурского характеризуются коротким периодом покоя, на Урале они часто попадают под негативное воздействие весенних возвратных заморозков, что приводит к нестабильному плодоношению. Поэтому большое значение при создании новых высокоурожайных сортов приобретает отбор генотипов абрикоса с медленными темпами развития и поздним сроком цветения. Наибольшее число таких генотипов выявлено в сеянцах, ведущих свое происхождение от абрикоса обыкновенного. Однако, как было отмечено выше, они, как правило, имеют недостаточную в условиях Урала морозоустойчивость генеративных почек. Тем не менее, для создания сортов с замедленными темпами развития в Южно-Уральском

НИИСК на данном этапе селекции, кроме абрикоса маньчжурского и абрикоса сибирского начали активно привлекать поздноцветущие сортообразцы абрикоса обыкновенного, отобранные по северному краю ареала его выращивания (Оренбургская обл.). В 2008 г. из г. Орска (Оренбургская обл), который, как известно, является одним из центров народной селекции абрикоса, были привезены косточки абрикоса обыкновенного, полученные от свободного опыления сортов 'Орский урожайный', 'Орский вкусный', 'Орский крупный' и др. Сеянцы, полученные от посева привезенных косточек, были посажены в различных местах Челябинской области. Часть сеянцев была высажена в Челябинске (ЮУНИИСК), а часть – в НПО «Сады России» в 50-ти километрах восточнее Челябинска. И первая, и вторая группы абрикоса культивируются в сложных микроклиматических условиях. Тем не менее, несмотря на неблагоприятные погодные условия в 2015, 2016 гг., отдельные гибриды отличались высокой адаптивностью, обильным цветением (в начале мая) и хорошей урожайностью (Gasymov, 2016). Из гибридов нового поколения представляют интерес для дальнейшей селекции сеянцы абрикоса «Орского происхождения». Из семьи «Орский урожайный от свободного опыления» посадки 2009 г. выделены по признакам зимостойкость плюс качество плодов 10,9%, из семьи «Орский вкусный» – 5,2%, из семьи «Орский крупный» – 4,3% сеянцев (см. табл. 1).

Заключение

1. Результаты изучения генофонда абрикоса Южно-Уральского НИИСК показали, что сорт абрикоса 'Пикантный' передает потомству свои положительные признаки по зимостойкости. А у гибридов, полученных с участием сорта 'Кичигинский', доминируют хорошие качества плодов.

2. Выявлено, что гибридные сеянцы сорта абрикоса 'Пикантный' кроме зимостойкости характеризуются высокой устойчивостью к болезням, хорошим качеством плодов, отделяемостью косточек и т. д.

3. Сорты абрикоса маньчжурского характеризуются коротким периодом покоя, и на Урале они часто попадают под негативное воздействие весенних возвратных заморозков, что приводит к их нестабильному плодоношению. Поэтому, для создания новых сортов абрикоса в Южно-Уральском НИИСК на данном этапе селекции, большое значение приобретает отбор генотипов абрикоса с поздним сроком цветения, наибольшее число которых получено от сортов абрикоса обыкновенного,

отобранных по северному краю ареала выращивания (Оренбургская обл.).

4. Из гибридов нового поколения представляют интерес сеянцы абрикоса «Орского происхождения». Из семьи «Орский урожайный от свободного опыления» посадки 2009 г. выделены по признакам зимостойкость плюс качество плодов 10,9% сеянцев, из семьи «Орский вкусный» – 5,2%, из семьи «Орский крупный» – 4,3%.

References/Литература

- Gasymov F. M.* Vvedenie v kul'turu v Ural'skom regione abrikosa manchzhurskogo) // Avtoref. diss. ... kand. s.-kh. nauk. Michurinsk, 2005, 23 p. [in Russian] (*Гасымов Ф. М.* Введение в культуру в Уральском регионе абрикоса маньчжурского: Автореф. дис. ... с.-х. наук. Мичуринск, 2005. 23 с.).
- Gasymov F. M.* Novye otbornye formy abrikosa seleksii FGBNU YuUNIISK // Aktual'nye voprosy sovremennogo estestvoznaniya Yuzhnogo Urala / Materialy Vserossiyskogo nauchno prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj k 170-letiyu so dnya rozhdeniya Yu. K. Shellya (7 dekabrya, 2016 g.). Chelyabinsk: Chel.GU, 2016, pp. 272–278 [in Russian] (*Гасымов Ф. М.* Новые отборные формы абрикоса селекции ФГБНУ ЮУНИИСК // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала / Материалы Всероссийской научно практической конференции с международным участием посвященной к 170-летию со дня рождения Ю. К. Шелля. (7 декабря 2016 г.), Челябинск: ЧелГУ, 2016. с. 272–278).
- Glaz N. V., Il'in V. S., Il'ina N. A.* et all. Ehlytnye formy plodovykh i yagodnykh kul'tur dlya Yuzhnogo Urala // Seleksiyy, semenovodstvo i tekhnologiya plodovo-yagodnykh kul'tur i kartofelya / Sbornik nauchnykh trudov. Chelyabinsk, 2016, pp. 222–231 [in Russian] (*Глаз Н. В., Ильин В. С., Ильина Н. А.* и др. Элитные формы плодовых и ягодных культур для Южного Урала // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: Сборник научных трудов. Челябинск, 2016. С. 222–231).
- Glaz N. V.* Profesti mobilizatsiyu i sokhranenie geneticheskikh resursov plodovo-yagodnykh kul'tur i kartofelya, dat' kompleksnyuyu otsenku genofonda sadovykh rastenij po vazhne`shim selektsionno znachimym priznakam s tsel'yu vydeleniya geneticheskikh istochnikov dlya dal'nejshego ispol'zovaniya v selsktsii: Otchet FGBNU YuUNIISK po teme no. 0770-2014-0004 za 2015 god. Chelyabinsk, 2016, 28 p. [in Russian] (*Глаз Н. В.* Провести мобилизацию и сохранение генетических ресурсов плодово-ягодных культур и картофеля, дать комплексную оценку генофонда садовых растений по важнейшим селекционно-значимым признакам с целью выделения генетических источников для дальнейшего использования в селекции: Отчет ФГБНУ ЮУНИИСК по теме № 0770-2014-0004 за 2015 год. Челябинск, 2016. 28 с.).
- Gorina V. M.* Nauchnye osnovy seleksii abrikosa i alychi dlya Kryma i yuga Ukrainy // Avtoref. diss. ... dok. s.-kh. nauk. Michurinsk-naukograd, 2014, 50 p. [in Russian] (*Горина В. М.* Научные основы селекции абрикоса и алычи для Крыма и юга Украины // Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Мичуринск-наukoград, 2014. 50 с.).
- Dospheov B. A.* Practice of field experiment. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p. [in Russian] (*Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.).
- Programme and methodology of researching cultivar fruit, berry and nut crops / ed. G. A. Lobanov.* Michurinsk, 1973, 494 p. [in Russian] (*Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Г.А. Лобанова.* Мичуринск, 1973. 494 с.).
- Programme and methodology of researching cultivar fruit, berry and nut crops / Ed. E. N. Sedov and T. P. Ogoltsova.* Orel, 1999, 608 p. [in Russian] (*Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой.* Орел, 1999. 608 с.).

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-56-65

УДК 633.16: 575.167

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Р. А. Абдуллаев¹, Н. В. Алпатьева¹, Ю. И. Карабицина¹, И. А. Звейнек¹, Б. А. Баташева², И. Н. Анисимова¹, Е. Е. Радченко¹

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Россия, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: abdullaev.1988@list.ru

²Филиал Дагестанская опытная станция ВИР, России, 368612, Дербентский р-н, с. Вавилово, п/о Хазар

Ключевые слова:

ячмень, скороспелость, фотопериодическая чувствительность, аллели локусов *Ppd* и *VRN*, молекулярные маркеры

Поступление:

25.10.2017

Принято:

17.11.2017

АЛЛЕЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ УЧАСТВУЮЩИХ В КОНТРОЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРИОДА ВСХОДЫ-КОЛОШЕНИЕ ГЕНОВ *Ppd* И *VRN* У ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ИЗ ДАГЕСТАНА

Актуальность. Одним из важных признаков, определяющих адаптивный потенциал культуры и широту ее эколого-географического распространения, является скорость развития. Время колошения у ячменя определяется генами, контролирующими тип развития (*VRN*), слабую чувствительность к фотопериоду (*Ppd*) и собственно скороспелость (*eps*). В коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) насчитывается 282 образца культурного ячменя из Дагестана, сведения об адаптивной ценности которых фрагментарны, а аллельный полиморфизм у этих форм изучен лишь по локусам *Ppd*. **Материалы и методы.** В 2012–2014 гг. сравнили продолжительность периода всходы-колошение 265 образцов ячменя из Дагестана в контрастных по климатическим условиям и флористическому разнообразию зонах Европейской части России: Ленинградской области и Дагестане. С помощью молекулярных маркеров, основанных на полимеразной цепной реакции, идентифицировали аллели генов *VRN-H2* и *VRN-H3* у 229 местных (65 озимых и 164 яровых) образцов, а также 34 сортов и линий (23 озимых и 11 яровых). При изучении аллельного состояния гена *VRN-H1* выборка была несколько меньше за счет яровых местных форм (151 образец). У образцов ячменя, различающихся по продолжительности периода всходы-колошение, оценили частоты различных аллельных комбинаций локусов *VRN* и *Ppd*. **Результаты и выводы.** В южном Дагестане наиболее высокой скоростью развития характеризовались образцы к-15008 и к-15013, в северо-западном регионе России выделен скороспелый образец к-15027. Выявили 22 группы с различными аллельными комбинациями генов *Ppd* и *VRN*. Семь образцов ячменя характеризовались уникальным сочетанием аллелей, 50 форм образцов (по 2–7 образцов) групп, 150 изученных форм распределились в две большие группы *Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3* и *ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3*, представленные 59 и 91 образцом соответственно. Первая группа ячменей оказалась самой позднеспелой в условиях короткого дня (г. Дербент) и преимущественно (93% образцов) представлена озимыми формами. Ячмени с сочетанием аллелей *Ppd-H1ppd-H2* в комбинации и с рецессивными, и с доминантными аллелями *VRN*, в подавляющем большинстве были более позднеспелыми на коротком дне в сравнении с носителями сочетания аллелей *ppd-H1Ppd-H2*.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-56-65

ORIGINAL ARTICLE

R. A. Abdullaev¹, N. V. Alpatieva¹, I. A. Zveinek¹, B. A. Bataшева²,
I. N. Anisimova¹, E. E. Radchenko¹

¹Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 B Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia, e-mail: abdullaev.1988@list.ru

²Dagestan Experimental Station of VIR, Derbent, Russia

Key words:

barley, early ripeness, photoperiodic sensitivity, alleles of *Ppd* and *VRN* loci, molecular markers

Received:

25.10.2017

Accepted:

17.11.2017

ALLELIC DIVERSITY OF THE *Ppd* AND *VRN* GENES INVOLVED IN CONTROL OF THE DURATION OF SHOOTING-EARING STAGE IN DAGESTANIAN BARLEY ACCESSIONS

Background. The development rate is an important trait determining the crop adaptation potential and the latitude of its ecological and geographical dissemination. Earing date in barley is determined by the genes controlling growth habit (*VRN*), weak photoperiodic sensitivity (*Ppd*) and earliness *per se* (*eps*). The collection of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) comprises 282 cultivated barley accessions from Dagestan. The information on the adaptive value of the accessions is fragmentary, and only for the *Ppd* loci the allelic polymorphism was studied. **Materials and methods.** During the years 2012–2014 the duration of the period between shooting and earing stages in 265 Dagestan barley accessions was studied in the two zones of European Russia, the Leningrad province and Dagestan characterized by contrast climatic conditions and floristic diversity. With the use of the PCR-based molecular markers the alleles of the *VRN-H2* and *VRN-H3* genes were identified in 229 (65 winter and 164 spring) landraces as well as in 34 varieties and lines. The sample was lesser due to the number of spring landraces (151 accessions) when the allelic state of the *VRN-H1* gene was investigated. The frequencies of different allelic combinations of the *VRN* and *Ppd* loci were studied in barley accessions differing by the duration of period between shooting and earing stages. **Results and conclusions.** The accessions k-15008 and k-15013 were characterized by the highest development rate in South Dagestan. In Northwest Russia the early accession k-15027 was revealed. Twenty two groups with different allelic combinations of the *Ppd* and *VRN* genes were identified. Seven barley accessions were characterized by the unique allelic combinations. Fifty accessions were differentiated into 13 small (for 2–7 accessions) groups, 150 accessions were distributed among the two large groups *Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3* and *ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3* each comprising 59 and 91 accessions correspondingly. The first barley group was the most late-ripening under the short-day photoperiod (Derbent) and predominantly (93%) included winter forms. The vast majority of barleys possessing the *Ppd-H1ppd-H2* genotypes in combinations with recessive and dominant alleles of the *VRN* genes were more late-ripening under the short-day photoperiod in comparison with the carriers of the *ppd-H1Ppd-H2* allelic combination.

Введение

У ячменя идентифицировано 5 главных генов и 9 локусов количественных признаков (quantitative trait loci – QTL), контролирующих время колошения (Laurie et al., 1994; 1995). Гены *Ppd-H1* и *Ppd-H2* (photoperiod response) локализованы в хромосомах 2Н и 1Н соответственно. Доминантный аллель *Ppd-H1* контролирует быструю реакцию на удлинение фотопериода и раннее колошение ячменя в условиях длинного дня. Задержка колошения на длинном дне обусловлена рецессивным аллелем *ppd-H1*. Доминантный аллель *Ppd-H2* при коротком дне ускоряет наступление колошения, рецессивный аллель задерживает колошение. Тип развития детерминируется тремя парами генов: *VRN-H1*, *VRN-H2* и *VRN-H3* (vernalization). Гены *VRN* контролируют потребность растений в яровизации для перехода к колошению и, следовательно, участвуют в регуляции скорости развития ячменя. На фоне экспрессии генов, контролирующих тип развития и фотопериодическую реакцию растений, существенное влияние на скорость развития оказывали гены *eps*, контролирующие собственно скороспелость, или скороспелость *per se* (earliness *per se*).

Локализация генов *VRN* совпадает с положением идентифицированных ранее генов *Sh*, *Sh2* и *Sh3* в хромосомах 4 (4Н), 7 (5Н) и 5 (1Н) соответственно (Takahashi, Yasuda, 1956; 1971). Было показано, что гены *Sh2* и *Sh3* эпистатичны по отношению к доминантному аллелю *Sh*, а аллель *sh* имеет аналогичное влияние на рецессивные аллели *sh2* и *sh3*, контролирующие озимый тип развития. Рецессив по трем локусам под влиянием *sh*-аллеля обуславливает развитие растений-двуручек. В локусе *Sh2* существует серия аллелей, которая контролирует различные градации ярового типа развития ячменя от типично ярового до крайне озимого (Takahashi, Yasuda, 1956; 1971).

Н. Jones с соавторами (Jones et al., 2008) изучили нуклеотидный полиморфизм доминантного и рецессивного аллелей локуса *Ppd-H1* у 87 местных сортов ячменя и выявили SNP, достоверно связанные с фенотипом – сроками колошения на длинном и коротком дне. Впоследствии М. М. Злотина с соавторами (Zlotina et al., 2013) разработали CAPS-маркер для идентификации доминантного и рецессивного аллелей. Установлено, что доминантный аллель *Ppd-H2* кодирует функциональный фосфатидилэтаноламин-связывающий белок HvFT3, тогда как у носителей рецессивного аллеля *ppd-H2* значительная часть кодирующей последовательности оказалась утраченной (Kikuchi et al., 2009).

Молекулярные маркеры пока что ограниченно используются для идентификации аллельного состава локусов *Ppd* и *VRN* у российских сортов ячменя. Аллельное состояние этих генов было изучено у 91 сорта ярового ячменя, допущенного к использованию в России и Беларуси. Сорта с доминантным аллелем *Ppd-H1* опережали другие генотипы по скорости развития при возделывании в условиях длинного светового дня, причем носители этого аллеля в изученной выборке составили всего 9%. Аллели генов *Vrn* также достоверно влияли на продолжительность периода всходы-колошение изученных сортов. Среди генотипов, несущих одинаковые аллели генов *Ppd-H1* и *Ppd-H2*, носители аллельной комбинации *Vrn-H1vrn-H2Vrn-H3* переходили к колошению раньше генотипов с другим сочетанием аллелей генов *Vrn* (Zlotina et al., 2013).

Исследовали продолжительность периода всходы-колошение 265 образцов ячменя из Дагестана. В течение трех лет изучения на филиале Дагестанская опытная станция ВИР (г. Дербент) выделили скороспелые образцы к-15008 и к-15013. Оценка яровых форм в северо-западном регионе страны позволила выявить образец к-15027, который обладал высокой скоростью развития в течение двух лет. Установлено, что дагестанские ячмени сильно подвержены влиянию

условий выращивания, то есть имеют высокую норму реакции. Яровизирующие температуры, короткий день и высокие температуры в период вегетации способствуют скороспелости ячменя (Zveinek et al., 2016). С помощью молекулярных маркеров оценили аллельное состояние генов *Ppd-H1* и *Ppd-H2* у 193 образцов местного ячменя из Дагестана, а также 27 сортов и селекционных линий. Оказалось, что подавляющее большинство образцов местных форм ячменя – носители доминантного аллеля *Ppd-H2*, который обуславливает более раннее колошение при коротком фотопериоде. Перемещение изученной группы ячменей в несвойственные для нее условия северо-запада России приводит к существенной задержке развития растений (Abdullaev et al., 2017).

Цель настоящей работы – изучить аллельное состояние генов *VRN* у дагестанских ячменей и оценить частоты различных аллельных комбинаций локусов *PpD* и *VRN* у образцов ячменя, различающихся по продолжительности периода всходы-колошение.

Материалы и методы

Полевые наблюдения выполнены в 2012–2014 гг. в филиале Дагестанская опытная станция ВИР (ДОС ВИР, Дербентский район) и на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ПЛ ВИР, Санкт-Петербург). ДОС ВИР расположена в южно-плоскостной зоне Дагестана. Климат сухой субтропический. Условия северо-западного региона (ПЛ ВИР) характеризуются переходом морского климата в слабо континентальный. В коллекционных питомниках ДОС ВИР изучили 265 образцов ячменя, на полях ПЛ ВИР оценивали яровые формы. На ДОС ВИР образцы высевали вручную в третьей декаде октября, в ПЛ ВИР – во второй половине мая. Каждый образец высевали на делянке площадью 1 кв. м., междурядья – 15 см, длина рядка – 1 м. При изучении коллекции руководствовались

«Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (Loskutov et al., 2012). Появление полных всходов отмечали датой, когда на поверхности почвы показались развернувшиеся в верхней части листочки более 75% растений на делянке. Колошение считали полным, когда выколосится около 75% растений. Сравнили продолжительность межфазного периода всходы-колошение 70 яровых форм, изученных в течение трех лет в обоих пунктах (6 выборок). Для корректного сравнения скороспелости образцов при подзимнем (ДОС ВИР) и весеннем (ПЛ ВИР) сроках сева, рассчитывали показатель «превышение периода всходы-колошение данного образца над его минимальным значением по выборке» (ППВК).

С помощью молекулярных маркеров, основанных на полимеразной цепной реакции (ПЦР), идентифицировали аллели генов *VRN-H2* и *VRN-H3* у 229 местных (65 озимых и 164 яровых) образцов, а также 34 сортов и линий (23 озимых и 11 яровых); при изучении аллельного состояния гена *VRN-H1* выборка была несколько меньше за счет яровых местных форм (151 образец).

Тотальную ДНК выделяли из семидневных проростков (2–10 растений каждого образца) по методике Д. Б. Дорохова и Э. Клоке (Dorokhov, Klocke, 1997) с некоторыми модификациями (Anisimova et al., 2010). Амплификацию проводили в реакционной смеси объемом 15–25 мкл, которая содержала геномную ДНК (50–100 нг), 1х реакционный буфер без $MgCl_2$, 1,5–3 mM хлористого магния, 0,2 mM каждого из нуклеотидов, 250 nM каждого праймера, 1 единица Taq полимеразы (Диалат). ПЦР проводили в амплификаторе MyCycler (BioRad, США). Использовали праймеры, предложенные Karsai et al., (2005), R. Kikuchi et al. (2009), Cockram et al. (2009). Список применяемых в работе праймеров представлен в таблице 1. Амплифицированные фрагменты разделяли с помощью электрофореза в 2%-ном ага-

рожном геле в 1xTBE буфере. Гели окрашивали бромистым этидием и фотографировали в ультрафиолетовом свете. Для оценки размера фрагментов использовали ДНК-маркер FastRuler™ SM1113 (Fermentas).

Таблица 1. Список использованных праймеров
Table 1. List of primers

Праймер	Нуклеотидные последовательности (5'–3')	Аллель	Литературный источник
HvBM5A-intronI-F3b HvBM5A-intronI-R3b	CTTGCATGTGTTGTCGGTCT GCTGGGACAAGACTCTACGG	<i>vrnH1</i>	Cockram et al., 2009
HvBM5A-intronI-F1 HvBM5A-TE-R1	GTTCTCCACCGAGTCATGG AGAGATGGAGGCATGGAGCA	<i>VrnH1</i>	
HvBM5A-exon2-F1 HvBM5A-exon2-R1	TCCCAAGAAAACCTTGAACAACACCAG ATTAGGTTACATCATTCGACCA	<i>Vrn-H1/vrn-H1</i>	
HvZCCT.06F HvZCCT.07R	CCTAGTTAAAACATATATCCATAGAGC GATCGTTGCGTTGCTAATAGTG	<i>Vrn-H2</i>	Karsai et al., 2005
HvFT1-R HvFT1-F	ACGTACGTCCCTTTTCGATG CGCTAGGACTTGGAGCATCT	<i>Vrn-H3</i>	Kikuchi et al., 2009
HvFT1-R HvFT1-F	ACGTACGTCCCTTTTCGATG CGCTAGGACTTGGAGCATCT	<i>vrn-H3</i>	

Для идентификации аллелей гена *Vrn-H3* проводили рестрикционный анализ амплифицированных фрагментов в общем объеме 25 мкл: к 15 мкл ПЦР продукта добавляли 2,5 мкл 1 × SEBuffer 2K (pH = 7,6), 0,2 мкл эндонуклеазы Ksp22I, 0,3 мкл BSA (СибЭнзим) и 7,0 мкл дистиллированной воды. Реакционную смесь инкубировали при 37°C в течение 16 ч. Продукты разделяли электрофорезом в 3%-ном агарозном геле.

Результаты и обсуждение

В течение трех лет изучения на ДОС ВИР выделены скороспелые (период всходы-колошение при подзимнем севе от 124 до 162 дней) образцы к-15008 и к-15013 с низкой нормой реакции; образец к-18186 проявил скороспелость в 2012 и 2013 гг., а к-11439, к-15252, к-23831 – в 2013 и 2014 гг. В ПЛ ВИР можно отметить образец к-15027, который в 2013 и 2014 гг. оказался скороспелым (период всходы-колошение при посеве весной – 30–32 дня).

Дагестанские ячмени на ДОС ВИР были более скороспелыми по сравнению с ПЛ ВИР: среднее значение ППВК в течение трех лет по изученным выборкам яровых образцов в ПЛ ВИР варьировало от $7,1 \pm 0,4$ до $24,2 \pm 0,9$, тогда как на ДОС ВИР – от $5,0 \pm 0,4$ до $6,1 \pm 0,3$. Значимость различий подтверждается по критерию Стьюдента *t*. Условия среды влияли на скорость развития образцов в условиях ПЛ ВИР: показатель ППВК достоверно (критерий *t* варьирует от 4,6 до 17,3) различается по годам исследований. Влияние среды на продолжительность периода всходы-колошение в условиях ДОС ВИР заметно меньше, существенно ($t = 2,3$) различаются лишь выборки 2012 и 2013 гг. С помощью аллель-специфичных молекулярных маркеров идентифицировали доминантные (D) и рецессивные (R) аллели генов *VRN-H1* – *VRN-H3* у местных образцов, а также сортов и линий из Дагестана (рис. 1–3).

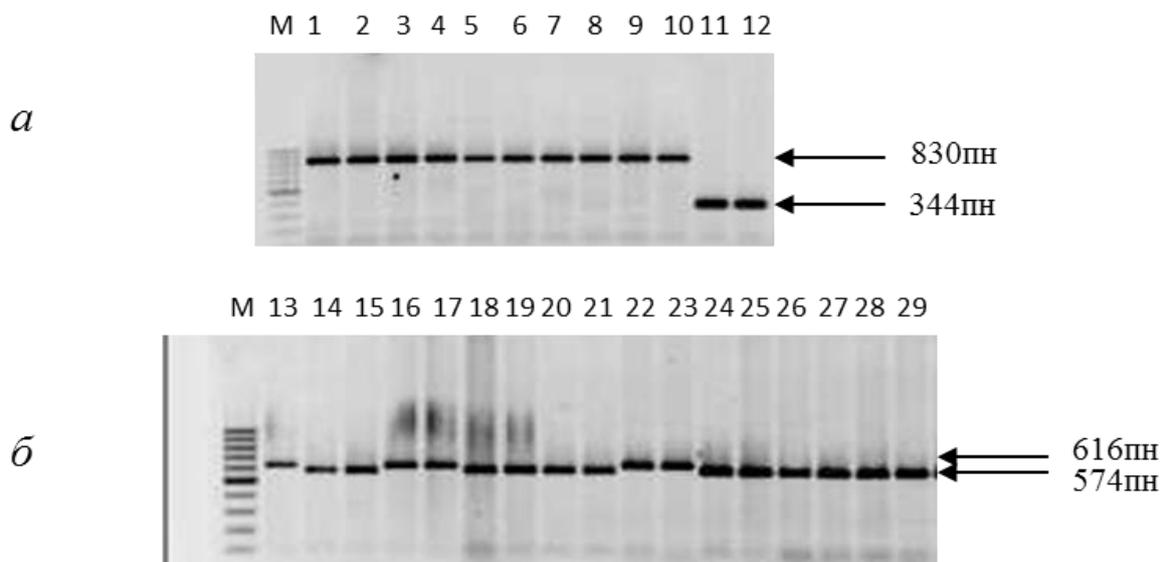


Рис. 1. ПЦР-анализ образцов местного ячменя из Дагестана с помощью маркеров, разработанных для идентификации:

Fig. 1. PCR analysis of Dagestan barley landraces with the use of markers developed for the identification of:

а – аллеля *vrn-H1* с использованием праймеров HvBM5A-intronI-F3b и HvBM5A-intronI-R3b; б – аллеля *Vrn-H1* с использованием праймеров HvBM5A-exon2-F1 и HvBM5A-exon2-R1. М – маркер молекулярной массы; 1, 2 – к-13996; 3, 4 – к-13999; 5, 6 – к-14145; 7, 8 – к-14149; 9, 10 – к-14154; 11, 12 – к-14891; 13 – к-14147; 14, 15 – к-15052; 16, 17 – к-15056; 18, 19 – к-15296; 20, 21 – к-17908; 22, 23 – к-17928; 24, 25 – к-18182; 26, 27 – к-21744; 28, 29 – к-21745.

а – the *vrn-H1* allele, primers HvBM5A-intronI-F3b and HvBM5A-intronI-R3b; б – the *Vrn-H1* allele, primers HvBM5A-exon2-F1 and HvBM5A-exon2-R1. М – molecular mass marker; 1, 2 – k-13996; 3, 4 – k-13999; 5, 6 – k-14145; 7, 8 – k-14149; 9, 10 – k-14154; 11, 12 – k-14891; 13 – k-14147; 14, 15 – k-15052; 16, 17 – k-15056; 18, 19 – k-15296; 20, 21 – k-17908; 22, 23 – k-17928; 24, 25 – k-18182; 26, 27 – k-21744; 28, 29 – k-21745.

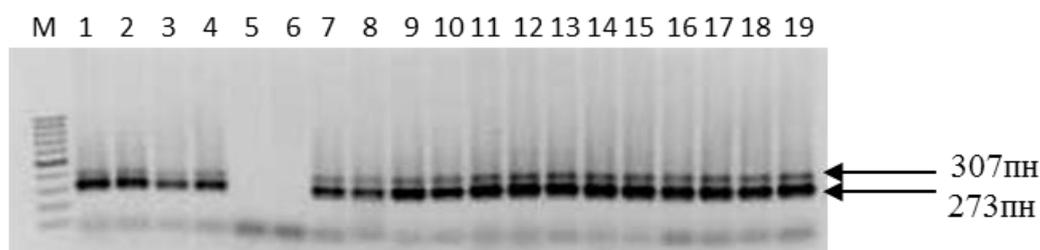


Рис. 2. ПЦР-анализ образцов местного ячменя из Дагестана с помощью маркеров, разработанных для идентификации доминантного (307 + 273 пн) и рецессивного (отсутствие продукта) аллелей гена *VRN-H2*

Fig. 2. PCR analysis of Dagestan barley landraces with the use of markers developed for the identification of the dominant (307 + 273 bp) and the recessive (lack of the amplification product) alleles of the *VRN-H2* gene.

М – маркер молекулярной массы; 1, 2 – к-15019; 3, 4 – к-15020; 5, 6 – к-21752; 7, 8 – к-23786; 9, 10 – к-1507; 11, 12 – к-4461; 13, 14 – к-11410; 15, 16 – к-11434; 17, 18 – к-13495; 19 – к-14147.

М – molecular mass marker; 1, 2 – k-15019; 3, 4 – k-15020; 5, 6 – k-21752; 7, 8 – k-23786; 9, 10 – k-1507; 11, 12 – k-4461; 13, 14 – k-11410; 15, 16 – k-11434; 17, 18 – k-13495; 19 – k-14147.

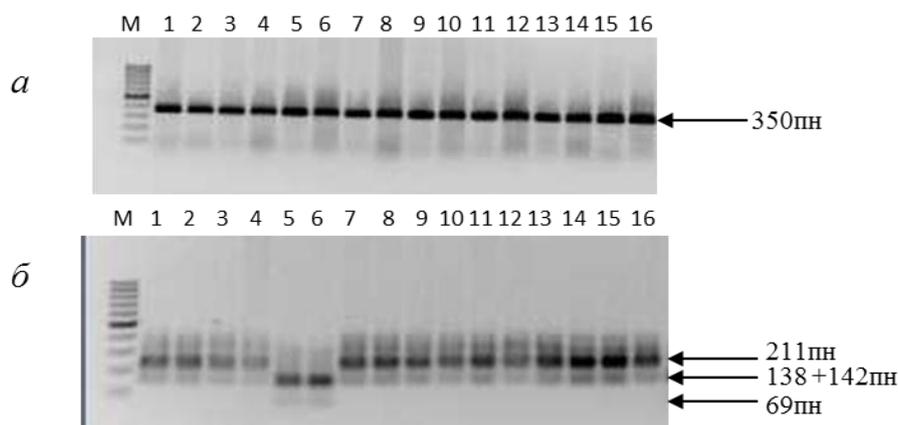


Рис. 3. ПЦР-анализ образцов местного ячменя из Дагестана с помощью маркеров, разработанных для идентификации доминантного (138 + 142 + 69 пн) и рецессивного (211 + 138 пн) аллелей гена *VRN-H3*:

Fig. 3. PCR analysis of Dagestan barley landraces with the use of the markers developed for identification of the dominant (138 + 142 + 69bp) and recessive (211 + 138 bp) alleles of the *VRN-H3* gene:

а – продукт ПЦР размером 350 пн, полученный при использовании праймеров HvFT1-F и HvFT1-R; б – рестрикция продукта ПЦР с эндонуклеазой Ksp22I. М – маркер молекулярной массы; 1, 2 – к-18464; 3, 4 – к-18465; 5, 6 – к-19330; 7, 8 – к-21747; 9, 10 – к-21748; 11, 12 – к-21749; 13, 14 – к-21750; 15, 16 – к-21753.

а – the 350 bp PCR product, primers HvFT1-F and HvFT1-R; б – restriction of the PCR product with the endonuclease Ksp22I. М – molecular mass marker; 1, 2 – к-18464; 3, 4 – к-18465; 5, 6 – к-19330; 7, 8 – к-21747; 9, 10 – к-21748; 11, 12 – к-21749; 13, 14 – к-21750; 15, 16 – к-21753.

Среди дагестанских ячменей пре- валируют носители доминантного ал- леля *Vrn-H2* (табл. 2). Доля доминант- ных аллелей двух других генов у мест- ных форм невелика и резко возрастает

среди яровых селекционных линий. Изу- ченная выборка в данном случае неве- лика (11 образцов), однако тенденция достаточно отчетлива.

Таблица 2. Распределение доминантных аллелей генов *VRN-H1*, *VRN-H2* и *VRN-H3* среди дагестанских ячменей

Table 2. Frequencies of dominant alleles of the *VRN-H1*, *VRN-H2*, and *VRN-H3* genes among Dagestan barley accessions

Группа образцов	Образ жизни	Частота образцов с доминантным аллелем гена			Частота гетерогенных форм		
		<i>VRN-H1</i>	<i>VRN-H2</i>	<i>VRN-H3</i>	<i>VRN-H1</i>	<i>VRN-H2</i>	<i>VRN-H3</i>
Местные формы	озимый	0,03	0,97	0,02	0,02	0	0
	яровой	0,15	0,76	0,15	0	0,07	0,04
Сорта и линии	озимый	0	1	0,09	0	0	0
	яровой	0,73	0,64	0,73	0	0	0

Аллельный полиморфизм по всем пяти локусам изучили у 207 образцов ячменя, еще 26 форм оказались гетерогенными по одному или двум локусам. Выявили 22 группы с различными аллельными комбинациями генов *Ppd* и *VRN*

(табл. 3). Семь образцов ячменя характеризовались уникальным сочетанием аллелей, 50 форм образовали 13 небольших групп (по 2–7 образцов), 150 изученных форм распределились в две большие группы «DDRDR» (*Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3*) и

«RDRDR» (*ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3*), представленные 59 и 91 образцом соответственно.

Наиболее многочисленная группа ячменей с аллельным сочетанием RDRDR в основном представлена яровыми формами (85 образцов). Группа ячменей с комбинацией DDRDR оказалась самой позднеспелой в условиях короткого дня (г. Дербент) и преимущественно (93% образцов) представлена озимыми формами. У сортов и селекционных линий,

имеющих озимый тип развития, преобладает сочетание аллелей DDRDR.

Ячмени с сочетанием аллелей *Ppd-H1ppd-H2* в комбинации и с рецессивными, и с доминантными аллелями *VRN*, в подавляющем большинстве были более позднеспелыми на коротком дне в сравнении с носителями сочетания аллелей *ppd-H1Ppd-H2*. В условиях длинного дня, напротив, независимо от аллельного состояния генов *Vrn*, формы ячменя с аллельным сочетанием *Ppd-H1ppd-H2* проявили себя более скороспелыми.

Таблица 3. Комбинации аллелей генов *Ppd-H1*, *Ppd-H2*, *VRN-H1*, *VRN-H2* и *VRN-H3* у образцов ячменя из Дагестана
Table 3. The allele combinations of the *Ppd-H1*, *Ppd-H2*, *VRN-H1*, *VRN-H2*, and *VRN-H3* genes in Dagestan barley accessions

Аллельное состояние генов <i>Ppd</i> и <i>VRN</i>					Количество образцов
<i>Ppd-H1</i>	<i>Ppd-H2</i>	<i>VRN-H1</i>	<i>VRN-H2</i>	<i>VRN-H3</i>	
D*	D	D	D	R	1
D	D	R	D	D	1
D	D	R	D	R	59
D	D	R	R	D	1
D	D	R	R	R	2
D	R	D	D	D	4
D	R	D	R	D	4
D	R	R	D	D	5
D	R	R	D	R	4
D	R	R	R	D	3
D	R	R	R	R	1
R	D	D	D	D	3
R	D	D	D	R	4
R	D	D	R	D	5
R	D	D	R	R	7
R	D	R	D	D	2
R	D	R	D	R	91
R	D	R	R	D	1
R	D	R	R	R	4
R	R	D	R	D	1
R	R	R	D	R	3
R	R	R	R	D	1

*D – доминантный, R – рецессивный аллель.

Однородный по морфологическим признакам образец к-15008, выделенный в течение трех лет по скороспелости в Дагестане, имеет сочетание аллелей RDRDR, т. е. адаптирован к условиям короткого фотопериода. Растения

другого скороспелого в Дагестане образца к-15013 оказались носителями аллельной комбинации DRRDD, т. е. имеют сочетание аллелей *Ppd-H1/ppd-H2*, характерное для образцов, адаптиро-

ванных к условиям длинного дня. Вероятно, высокая скорость развития в данном случае обусловлена доминантным аллелем *Vrn-H3*, ответственным за ускоренное колошение (Yan et al., 2006). С другой стороны, выделившийся по скорости в условиях длинного фотопериода (ПЛ ВИР) образец к-15027 имеет сочетание аллелей RDRDR, типичное для форм ячменя, приспособленных к условиям короткого фотопериода. Выявленное противоречие может объясняться неоднородностью этого образца (представлен двумя разновидностями) либо влиянием генов *eps*, изучение аллельного полиморфизма которых нами не проводилось.

Заключение

Исследовали продолжительность межфазного периода всходы-колошение 265 образцов ячменя из Дагестана. В течение трех лет изучения в филиале Дагестанская опытная станция ВИР (г. Дербент) выделены скороспелые образцы к-15008 и к-15013. Оценка яровых форм в северо-западном регионе страны позволила выявить образец к-15027, который обладал высокой скоростью развития в течение двух лет.

С помощью аллель-специфичных молекулярных маркеров идентифицировали доминантные (D) и рецессивные (R) аллели генов *Ppd-H1*, *Ppd-H2*, *VRN-H1*, *VRN-H2* и *VRN-H3* у 207 образцов ячменя. Выявили 22 группы с различными аллельными комбинациями этих локусов. Семь образцов характеризовались уникальным сочетанием аллелей, 50 форм образовали 13 небольших групп (по 2–7 образцов), 150 изученных форм распределились в две большие группы «DDRDR» (*Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3*) и «RDRDR» (*ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3*), представленные 59 и 91 образцом соответственно. Ячмени с сочетанием аллелей *Ppd-H1ppd-H2* в комбинации и с рецессивными, и с доминантными аллелями *VRN*, в подавляющем большинстве были более позднеспелыми на коротком дне в сравнении с носителями сочетания аллелей *ppd-H1Ppd-H2*. В условиях длинного дня, напротив, независимо от аллельного состояния генов *VRN*, формы ячменя с аллельным сочетанием *Ppd-H1ppd-H2* проявили себя более скороспелыми.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-34-00652).

References/Литература

- Abdullaev R. A., Alpatieva N. V., Zveinek I. A., Batasheva B. A., Anisimova I. N., Radchenko E. E. Diversity of Dagestan barleys for the duration of the period between shooting and earing stages and alleles in the *Ppd-H1* and *Ppd-H2* loci // Russian Agricultural Sciences, 2017, vol. 43, no. 2, pp. 99–103. DOI: 10.3103/S1068367417020021.
- Anisimova I. N., Alpatieva N. V., Timofeeva G. I. Screening of plant genetic resources using DNA markers: basic principles, DNA isolation, PCR, electrophoresis in agarose gels. Guidelines of VIR / Ed. by E. E. Radchenko. SPb.: VIR, 2010, 30 p. [in Russian] (Анисимова И. Н., Алпатьева Н. В., Тимофеева Г. И. Скрининг генетических ресурсов растений с использованием ДНК-маркеров: основные принципы, выделение ДНК, постановка ПЦР, электрофорез в агарозном геле: Методические указания ВИР / под ред. Е. Е. Радченко. СПб: ВИР. 2010. 30 с.).
- Cockram J., Norris C., O'Sullivan D. M. PCR-based markers diagnostic for spring and winter seasonal growth habit in barley // Crop. Sci., 2009, vol. 49, no. 2, pp. 403–410. DOI: 10.2135/cropsci2008.07.0398.
- Dorokhov D. B., Klocke E. A. Rapid and economic technique for RAPD analysis of plant genomes // Rus. J. Genet., 1997, vol. 33, no. 4, pp. 358–365.
- Jones H., Leigh F. J., Mackay I., Bower M. A., Smith L. M. J., Charles M. P., Jones G., Jones M. K., Brown T. A., Powell W. Population based re-sequencing reveals that the

- flowering time adaptation of cultivated barley originated east of the Fertile Crescent // *Mol. Biol. Evol.*, 2008, vol. 25, no. 10, pp. 2211–2219. DOI: 10.1093/molbev/msn167.
- Karsai I., Szűcs P., Mészáros K., Filichkina T., Hayes P. M., Skinner J. S., Láng L., Bedő Z.* The *Vrn-H2* locus is a major determinant of flowering time in a facultative × winter growth habit barley (*Hordeum vulgare* L.) mapping population // *Theor. Appl. Genet.*, 2005, vol. 110, no. 8, pp. 1458–1466. DOI: 10.1007/s00122-005-1979-7.
- Kikuchi R., Kawahigashi H., Ando T., Tonooka T., Handa H.* Molecular and functional characterization of PEBP genes in barley reveal the diversification of their roles in flowering // *Plant Physiol.*, 2009, vol. 149, no. 3, pp. 1341–1353. DOI: 10.1104/pp.108.132134.
- Laurie D. A., Pratchett N., Bezant J. H., Snape J. W.* Genetic analysis of a photoperiod response gene on the short arm of chromosome 2(2H) of *Hordeum vulgare* (barley) // *Heredity*, 1994, vol. 72, no. 6, pp. 619–627. DOI:10.1038/hdy.1994.85.
- Laurie D. A., Pratchett N., Bezant J. H., Snape J. W.* RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter × spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross. // *Genome*, 1995, vol. 38, no. 3, pp. 575–585. DOI: 10.1139/g95-074.
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V.* Methodological guidance directory for studying and maintaining VIR's collections of barley and oat. SPb.: VIR, 2012, 63 p. [in Russian] (*Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В.* Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 63 с.).
- Takahashi R., Yasuda S.* Genetic studies of spring and winter habit of growth in barley. *Ber. Ohara Inst.*, 1956, vol. 10, pp. 245–308.
- Takahashi R., Yasuda S.* Genetics of earliness and growth habit in barley. *Barley Genetics II. Proc. 2nd Intern. Barley Genetics Symp.* Washington State Univ. Press, 1971, pp. 388–408.
- Zlotina M. M., Kovaleva O. N., Loskutov I. G., Potokina E. K.* The use of allele-specific markers of the *Ppd* and *Vrn* genes for predicting growing-season duration in barley cultivars // *Rus. J. Genet.: Appl. Res.*, 2013, vol. 3, no. 4, pp. 254–264. DOI: 10.1134/S2079059713040114.
- Yan L., Fu D., Li C., Blechl A., Tranquilli G., Bonafede M., Sanchez A., Valarik M., Yasuda S., Dubcovsky J.* The wheat and barley vernalization gene *VRN3* is an orthologue of *FT* // *Proc. Natl Acad. Sci.*, 2006, vol. 103, no. 51, pp. 19581–19586. DOI: 10.1073/pnas.0607142103.
- Zveinek I. A., Abdullaev R. A., Batasheva B. A., Radchenko E. E.* Paratypic variability of the period between shooting and earing stages of Dagestania barley // *Proceedings applied botany, genetics and plant breeding*, 2016, vol. 177, issue 2, pp. 106–110 [in Russian] (*Звейнек И. А., Абдуллаев Р. А., Баташева Б. А., Радченко Е. Е.* Паратипическая изменчивость периода всходы-колосение ячменей Дагестана // *Тр. по прикл. бот., ген. и сел.* 2016. Т. 177. Вып. 2. С. 73–81).

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-66-75

УДК: 635.21:631.523:631.527:632.6+631.467

Н. С. Клименко¹, О. Ю. Антонова¹, Л. И. Костина¹, Ф. Т. Мамадбокирова², Т. А. Гавриленко^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: tatjana9972@yandex.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная 7–9

Ключевые слова:

Solanum tuberosum, устойчивость к нематоде, *Globodera rostochiensis*, ДНК-маркеры

Поступление:
01.11.2017

Принято:
20.11.2017

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

МАРКЕР-ОПОСРЕДОВАННАЯ СЕЛЕКЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ С МАРКЕРАМИ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗЛОТИСТОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ НЕМАТОДЕ (ПАТОТИП Ro1)

Актуальность. Возделываемый картофель *Solanum tuberosum* L. является третьей по уровню потребления и пятой по объемам производства культурой в мире. Однако объемы урожая данной культуры подвержены сильным колебаниям. Причинами снижения урожаев могут быть различные болезни и вредители, в том числе золотистая картофельная нематода (ЗКН) – *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr. Мировой опыт показывает, что потери урожая восприимчивых сортов картофеля, вызванные вредоносностью ЗКН, могут достигать 80%. Наиболее надежным и экологически чистым методом борьбы с ЗКН является выведение устойчивых сортов. В селекции на устойчивость к *G. rostochiensis* (патотип Ro1) активно используются гибриды и сорта с доминантными аллелями генов H1 и Gro1-4. Эффективность поиска потенциальных доноров устойчивости можно повысить при использовании метода маркер-опосредованной селекции с маркерами к этим генам. В связи с этим большую актуальность приобретают исследования по скринингу отечественного селекционного материала и выявлению потенциальных доноров устойчивости к *G. rostochiensis*.

Материалы и методы. Молекулярный скрининг проведен в выборке из 103 сортов отечественной селекции из коллекции ВИР на наличие двух маркеров (57R и N195), ассоциированных с геном H1, и маркера Gro1-4-1 гена Gro1-4. **Результаты и обсуждение.** Представлены результаты молекулярного скрининга 103 сортов на наличие маркеров, ассоциированных с генами H1 и Gro1-4, контролирующими устойчивость к патотипу Ro1 золотистой картофельной нематоды (*G. rostochiensis*). В выборке выявлено 25 сортов с маркерами этих генов. При этом среди нематодоустойчивых сортов частота встречаемости генотипов с диагностическими фрагментами маркеров 57R и N195 локуса H1 составила 98%, а маркера Gro1-4-1 гена Gro1-4 – 2%. Выводы. Можно заключить, что использованные в данном исследовании маркеры локуса H1 демонстрируют тесную ассоциацию с устойчивостью отечественных сортов картофеля к *G. rostochiensis* (патотип Ro1). Поскольку ЗКН является объектом внутреннего и внешнего карантина в РФ, а фитопатологическое тестирование очень трудоемко, использование методов маркер-опосредованного отбора в селекции имеет большие перспективы.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-66-75

ORIGINAL ARTICLE

N. S. Klimenko¹,
O. Y. Antonova¹,
L. I. Kostina¹,
F. T. Mamadbokirova², T. A.
Gavrilenko^{1,2}

¹Federal Research Center
the N. I. Vavilov All-Russian
Institute of Plant Genetic
Resources,
42, 44, Bolshaya Morskaya str.,
St. Petersburg,
190000 Russia,
e-mail: tatjana9972@yandex.ru

²7-9 Universitetskaya Embassy,
Saint Petersburg State University,
St. Petersburg, 199034, Russia

Key words:

Solanum tuberosum, re-
sistance to nematodes, *Glo-
boderia rostochiensis*, DNA
markers

Received:

01.11.2017

Accepted:

20.11.2017

MARKER-ASSOCIATED SELECTION OF RUSSIAN POTATO VARIETIES WITH USING MARKERS OF RESISTANCE GENES TO THE GOLDEN POTATO CYST NEMATODE (PATHOTYPE Ro1)

Background. Cultivated potato *Solanum tuberosum* L. is the third most consumed (<http://www.fao.org>) and the fifth by volumes of production crop plant in the world. However, yields of this crop fluctuate. Cause for yield reducing can be the potato diseases and pests including yellow potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr. The world experience shows that yield losses of susceptible potato varieties caused by the harmfulness *G. rostochiensis*, can reach 80%. A more reliable and ecologically friendly method is the resistant varieties selection. In breeding for resistance to *G. rostochiensis* (pathotype Ro1) are widely used hybrids and varieties with dominant alleles of the *H1* and *Gro1-4* genes. The effectiveness of searching for potential resistance donors can be improved by using the marker-associated selection with markers associated with these genes. In this connection, studies of Russian breeding material screening and potential resistance donors to *G. rostochiensis* identification gain great relevance. **Materials and methods.** Two genetic markers of the *H1* locus (57R, N195) and one marker of *Gro1-4* gene (Gro1-4-1) were used in molecular screening of 103 breeding varieties from VIR potato collection. Data about nematode resistance phenotyping of these varieties were taken from the literature. **Results.** The results of molecular screening of 103 varieties are presented. 25 varieties possessed the diagnostic markers of the *H1* and *Gro1-4* genes. Among the nematode-resistant varieties, the frequency of genotypes with the diagnostic fragments of 57R and N195 markers of the *H1* locus was 98%, and of marker Gro1-4-1 of the *Gro1-4* gene – 2%. **Conclusion.** We can conclude that used in this study markers of the *H1* locus show a close association with the resistance of the domestic varieties of potatoes to *G. rostochiensis* (pathotype Ro1). Since golden nematode is subject to internal and external quarantine in the Russian Federation, and phytopathological testing is very time consuming, using marker-associated selection is very promising.

Введение

Возделываемый картофель *Solanum tuberosum* L. является третьей по уровню потребления (<http://www.fao.org>) и пятой по объемам производства (FAO Statistical Pocketbook, 2015) культурой в мире. В 2014 году в России урожай картофеля составил 31,5 млн тонн, что стало третьим показателем в мире после Китая и Индии (<http://www.fao.org>). Однако объемы урожая данной культуры подвержены сильным колебаниям. Причинами снижения могут быть различные болезни и вредители, в том числе золотистая картофельная нематода (ЗКН) – *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr. Мировой опыт показывает, что потери урожая восприимчивых сортов картофеля, вызванные вредоносностью ЗКН, могут достигать 80% (<https://www.cabi.org>).

О присутствии ЗКН на территории России известно с 1945 года (<https://www.cabi.org>). В настоящее время *G. rostochiensis* распространена в 61 субъекте РФ на территории общей площадью выявленных очагов 393 121,59 га (Reference book..., 2017). На обследованной территории России обнаружен только один патотип *G. rostochiensis* – Ro1 (Simakov et al., 2009b; Gruzdeva, Matveeva, 2010; Limantseva et al., 2014; Khiutti et al., 2017) из пяти описанных в литературе (Kort et al., 1977). В цистах яйца нематоды сохраняют жизнеспособность в течение долгого периода времени даже в отсутствие растения-хозяина, что делает севооборот малоэффективным способом борьбы с паразитом (Khiutti et al., 2017). Более надежным методом борьбы с ЗКН является выведение устойчивых сортов (Finkers-Tomczak et al., 2011; Khiutti et al., 2017).

Направление отечественной селекции по созданию нематодоустойчивых сортов картофеля активно развивается с 1980х годов. В этот период в качестве доноров устойчивости к ЗКН в основном использовались зарубежные нематодоустойчивые сорта, но в последнее время селекционеры активно привлекают и отечественный селекционный материал (Birjukova et al., 2015). Среди допущенных к использованию на территории РФ сортов картофеля количество нематодоустойчивых растет с каждым годом, и, если в 2000 году в Госреестре преобладали неустойчивые к ЗКН сорта, то к 2016 ситуация изменилась на противоположную (Khiutti et al., 2017). Несмотря на такую позитивную тенденцию, прирост устойчивых сортов во много объясняется включением в реестр зарубежных сортов.

Например, в 2011 году Госреестр РФ насчитывал 133 устойчивых к ЗКН сорта, из которых российских набралось всего 38 (Simakov et al., 2009b); за период 2006–2011 гг. в Госреестр было добавлено 18 нематодоустойчивых отечественных сортов и 54 иностранных (State register..., 2006–2017). В связи с этим большую актуальность приобретают исследования по скринингу отечественного селекционного материала и выявлению потенциальных доноров устойчивости к ЗКН. Эффективность поиска доноров устойчивости может повысить маркер-опосредованный отбор, который активно используется в работе зарубежных селекционеров (например, Asano et al., 2012; Felcher, Douches, 2012) и начинает применяться в нашей стране (Birjukova et al., 2008, 2015; Antonova et al., 2016; Gavrilenko et al., 2018, в печати).

В селекции на устойчивость к ЗКН (патотип Ro1) активно используются гибриды и сорта с доминантными аллелями генов *H1* и *Gro1-4*, источниками которых могли быть образцы культурного вида *S. tuberosum* subsp. *andigenum* (Juz. & Bukasov) Hawkes (Ellenby, 1954; Gebhardt et al., 1993) и дикого вида *S. spagazzinii* Bitter (Kreike et al., 1996), соответственно. Ген *H1* картирован на хромосоме V (Bakker et al., 2004), ген *Gro1-4* – на хромосоме VII (Barone et al., 1990; Ballvora et al., 1995). Сообщалось о сложной структуре локусов *H1* (Finkers-Tomczak et al., 2011) и *Gro1* (Paal et al., 2004); показано, что локус *H1* содержит большое число как полноразмерных, так и дефектных RGH (resistance gene homologues) копий, а также значительное число транспозонов, что делает возможным рекомбинацию между активными и неактивными RGH-копиями. Похожие результаты получены при исследовании локуса *Gro1* (Paal et al., 2004).

Для детекции функциональных аллелей генов устойчивости к ЗКН разработан ряд молекулярных маркеров, эффективность которых при отборе устойчивых генотипов различна. На выборке из 109 сортов отечественной и зарубежной селекции установлен высокий уровень корреляции между наличием SCAR-маркера TG689 локуса *H1* и фенотипической устойчивостью сортов картофеля (Birjukova et al., 2008), в то же время в работе Schultz с коллегами (Schultz et al., 2012) показано отсутствие четкой ассоциации между этими признаками. Сообщалось также, что результаты амплификации данного маркера

могут быть нестабильны; чтобы свести к минимуму число ложно позитивных результатов О. Ю. Антонова с коллегами (Antonova et al., 2016) предлагают включить в программы с этим маркером функцию Touchdown.

Высокий уровень специфичности по сравнению с TG689 демонстрирует SCAR-маркер гена *HI* – 57R. Эффективность данного маркера была показана на выборке из более, чем 300 генотипов картофеля (Schultz et al., 2012) и 146 отечественных сортов (Antonova et al., 2016; Gavrilenko et al., 2018, in press). На выборке из 113 сортов отечественной селекции показана низкая эффективность CAPS-маркера 239E4left/AluI гена *HI* в детекции устойчивых к ЗКН генотипов (Antonova et al., 2016). В той же работе выявлена высокая корреляция между наличием у тестируемых сортов диагностических фрагментов SCAR-маркеров N146 и N195 и устойчивостью генотипов к ЗКН (патотип Ro1). Для отбора образцов с функциональными аллелями гена *Gro1-4* часто используют STS-маркер *Gro1-4*. Однако сравнительно недавно для этих целей был разработан более специфичный маркер *Gro1-4-1* (Asano et al., 2012). В настоящей работе мы продолжаем публикацию результатов молекулярного скрининга генофонда отечественных сортов с использованием ДНК-маркеров, ассоциированных с генами устойчивости к патотипу Ro1 *G. rostochiensis* (Antonova et al., 2016; Gavrilenko et al., 2018, in press). Для выявления перспективных нематодоустойчивых генотипов в данном исследовании использовали маркеры: *Gro1-4*₆₀₂, *57R*₄₅₂ и *N195*₃₃₇ (табл. 1).

Материалы и методы

ДНК выделяли из листьев растений 103 селекционных сортов картофеля из полевой коллекции ВИР, которые предварительно верифицировались по сортоспецифичным морфологическим признакам цветка, листа, стебля, и клубней куратором коллекции селекционных сортов ВИР. Выделение проводили с использованием модифицированного СТАВ-экстракции (Gavrilenko et al., 2013). В случае необходимости препараты дополнительно очищали от полифенольных соединений при помощи поливинилпирролидона.

ПЦР проводили в 20 мкл реакционной смеси, содержащей 10 нг тотальной ДНК, 1×

реакционный буфер (Диалат, Москва), 2,5 мМ MgCl₂, по 0,6 мМ каждого из dNTPs, по 0,2 мкМ прямого и обратного праймера и 1 ед. Taq-полимеразы (Диалат, Москва). Протоколы и температуры отжига соответствовали указанным разработчиками праймеров (см табл. 1). Программы для проведения молекулярного скрининга были оптимизированы нами путем введения функции TOUCHDOWN. Все реакции при работе со SCAR-маркерами осуществляли не менее чем в трех повторностях. Продукты ПЦР разделяли электрофорезом в 2% агарозных гелях в буфере TBE с последующей окраской бромистым этидием и визуализацией в УФ свете. При проведении молекулярного скрининга в выборку были включены дополнительные генотипы, для которых наличие определенных маркеров было описано в литературе. Положительными контролями для маркеров гена *HI* служили сорта: ‘White Lady’ (Schultz et al., 2012), ‘Saikai 35’ (Mori et al., 2011) и ‘Sante’; для маркера гена *Gro1-4* контролем служил клон i-144844 образца k-12403 *S. gourlayi* Hawkes (Limantseva et al., 2014).

Результаты молекулярного скрининга сопоставляли с данными:

- (1) Государственного испытания сортов на устойчивость к *G. rostochiensis* (патотип Ro1) (State register..., 2010–2017);
- (2) каталог «Российские сорта картофеля» (Russian varieties..., 2011);
- (3) каталог «Картофель. Селекционные сорта картофеля России и стран СНГ. Выпуск 829» (Potatoes..., 2016);
- (4) каталоги «Сорта картофеля, возделываемые в России» (Simakov et al., 2009a; Simakov et al., 2010; Anisimov et al., 2013).

В случае отсутствия противоречий устойчивые сорта были отнесены в группу «R», восприимчивые – в группу «S». В случае обнаружения противоречий в литературных данных о фенотипической устойчивости сорта относили в группу, обозначенную «*». Сорта, для которых не удалось найти данных о фенотипической устойчивости в литературе, относили в группу, обозначенную «нет данных» (табл. 2).

Таблица 1. Используемые в работе маркеры
Table 1. DNA markers used in this study

Ген	Хромосома	Маркер	Праймер	Последовательность (5' → 3')	T _m	Размер диагностиче-	Литературный источник
<i>Gro1-4</i>	III	Gro1-4-1	Gro1-4-1f	F: AAGCCACAACCTCTACTGGAG	60	602	Asano et al., 2012
			Gro1-4-1r	R: GATATAGTACGTAATCATGCC			
<i>H1</i>	V	57 R	57 R-f	F: TGCCTGCCTCTCCGATTTCT	60	452	Finkers - Tomczak et al., 2011 Schultz et al., 2012
			57 R-r	R: GGTTTCAGCAAAAGCAAGGACGTG			
<i>H1</i>	V	N195	N195-09	F: TGGAAATGGCACCCACTA	55	337	Asano et al., 2012
			N195-06	R: CATCATGGTTTCACTTGTCAC			

Результаты и обсуждение

В таблице 2 представлены результаты проведенного в данном исследовании молекулярного скрининга 103 сортов отечественной селекции. Наличие диагностических фрагментов всех трех использованных в работе маркеров установлено только для сорта 'Самбо'. В литературе не удалось найти данных о фенотипической устойчивости данного сорта. Из 103 сортов выборки диагностические фрагменты обоих маркеров локуса *H1* – 57R и N195 – были обнаружены у 24 сортов, эти маркеры детектировались во всех случаях совместно. В данной группе для 15 из 24 сортов подтверждена нематодоустойчивость, а для шести сортов такой информации в литературе найти не удалось. Три сорта ('Амур', 'Олимп' и 'Барон'), хотя и обладают указанными маркерами, но в Госреестре числятся как восприимчивые. Однако в каталогах «Сорта картофеля, возделываемые в России» (Simakov et al., 2009a; Simakov et al., 2010; Anisimov et al., 2013) для сорта 'Барон' указана информация «слабо поражается золотистой картофельной цистообразующей нематодой». В работе Е. П. Шаниной с коллегами (Shanina, et al.,

2011) также отмечено, что данный сорт является слабопоражаемым. Важно отметить, что сорта, идентифицируемые по более жесткой российской шкале как слабопоражаемые (1–5 цист на корнях), по европейской шкале могут быть отнесены к устойчивым (0–5 цист на корнях) (Simakov et al., 2009b).

Не исключено, что причиной разночтений в результатах молекулярного скрининга и фитопатологического анализа у сортов 'Амур' и 'Олимп' также является более строгая шкала оценки устойчивости к ЗКН, принятая в России. Однако представляется вполне возможным, что у этих двух сортов возникновение диагностических фрагментов 57R₄₅₂ и N195₃₃₇ может быть связано с амплификацией участка неактивной копии гена *H1*, или же с тем, что функциональная аллель гена *H1* в силу перестроек утратила ассоциацию с молекулярными маркерами.

Другой случай несоответствия результатов молекулярного скрининга и данных Госреестра связан с сортом 'Брянский деликатес'. В нашей работе показано, что данный сорт обладает только маркером Gro1-4-1 гена *Gro1-4*. В Госреестре за 2010, 2011, 2012 гг. данный сорт фигурировал как восприимчивый к патотипу Ro1 ЗКН. Однако в

каталогах «Сорта картофеля, возделываемые в России» (Simakov et al., 2009a; Simakov et al., 2010; Anisimov et al., 2013), выпускаемых при участии ВНИИКХ им. А. Г. Лорха, одного из оригинаторов и патенто-обладателей сорта 'Брянский деликатес', для этого сорта указана «слабая восприимчивость к картофельной нематод»; а в каталоге «Российские сорта картофеля» (Russian

varieties..., 2011) он приведен как нематодоустойчивый. Также отметим, что ранее о наличии маркера Gro1-4-1 у данного сорта сообщали В. А. Бирюкова с коллегами (Birjukova..., 2015). В нашем исследовании у сорта 'Брянский деликатес' впервые детектированы маркеры 57R₄₅₂ и N195₃₃₇.

Таблица 2. Результаты молекулярного скрининга 103 сортов картофеля с использованием маркеров генов Gro1-4 и HI
Table 2. Results of molecular screening of 103 varieties with markers of Gro1-4 and HI genes

Число сортов картофеля: R – устойчивых к ЗКН; S – поражаемых ЗКН; * – с противоречивыми данными литературы об их нематодоустойчивости	Ген		
	Gro 1-4	HI	HI
	Маркер		
	Gro1-4-1 ₆₀₂	57R ₄₅₂	N195 ₃₃₇
нет данных о нематодоустойчивости (N=1): Самбо	+	+	+
* (N=1): Брянский деликатес (1-S, 4-R)	+	0	0
R (N=15): Аврора, Браво, Вымпел, Жуковский ранний, Импала, Ирбитский, Кемеровчанин, Кортни, Красавица, Люкс, Манифест, Метеор, Рябинушка, Саровский, Скарб S (N=2): Амур, Олимп Нет данных о нематодоустойчивости (N=6): Арлекин, Бабушка, Вираз, Пранса, Старт, Хмелевский * (N=1): Барон (1-S, 2-S, 3-S, 4-R/S)	0	+	+
S (N=57): Антошка, Барин, Бармалей, Белоснежка, Большевик, Бронницкий, Брянский ранний, Вармас, Вектор, Великан, Губернатор, Диво, Донцовский, Елисеевский, Жаворонок, Зауральский, Зольский, Кабардинский, Каменский, Колобок, Колпашевский, Кормилец, Корона, Красавчик, Красная горка, Красная заря, Красная роза, Кустаревский, Лазарь, Луговской, Мастер, Матушка, Маугли, Москворецкий, Мусинский, Надежда, Нальчикский, Нарт 1, Огниво, Парус, Престиж, Призер, Приморский, Приобский, Русич, Русский сувенир, Свенский, Северянин, Солнышко, Теща, Тулеевский, Фиолетовый, Фокинский, Чая, Шаман, Энергия, Юпитер Нет данных о нематодоустойчивости (N=21): Аметист, Белуха, Брат-2, Варсна, Горизонт, Горноуральский, Дружный, Зарево, Звездочка, Калинка, Катюша, Красноуфимский, Лаймдота, Леккарь, Матс, Мурманский, Наука, Рассвет, Смена, Танго, Фермер	0	0	0

Примечание. Данные об устойчивости/восприимчивости к ЗКН взяты из литературных источников (1) – (4) – см. раздел Методы.

У 78 сортов выборки не обнаружено ни одного диагностического фрагмента использованных маркеров. В данной группе 57 сортов, согласно литературным данным, поражаются ЗКН, что согласуется с результатами проведенного молекулярного скрининга; еще для 21 сорта информации о нематодоустойчивости/восприимчивости не найдено.

Корреляция между наличием хотя бы одного маркера гена HI и данными о нематодоустойчивости сортов составила +0,92; в оценку привлекали только сорта (числом 74)

с установленными и не противоречивыми литературными данными.

Для отдельных сортов ранее уже сообщалось о наличии единичных диагностических маркеров генов устойчивости к ЗКН, что дает нам возможность сопоставить полученные в молекулярном скрининге результаты с данными других авторов. Так, в работе В. А. Бирюковой с коллегами (Birjukova..., 2015) для трех сортов – 'Жуковский ранний', 'Красавица', 'Метеор' ранее уже сообщалось об обнаружении маркера 57R₄₅₂. Однако наличие маркера N195₃₃₇ у этих трех

сортов и отсутствие у сортов 'Жуковский ранний' и 'Красавица' маркера Gro1-4-1₆₀₂ впервые показано в настоящей работе.

Согласно О. А. Кузьминовой с коллегами (Kuz'minova..., 2015) у сортов 'Аврора', 'Браво', 'Зольский', 'Тулеевский' отсутствует диагностический фрагмент маркера Gro1-4, что свидетельствует о рецессивном состоянии гена *Gro1-4*. Этот факт согласуется с полученными нами результатами на этих четырех сортах, хотя в нашей работе был использован другой маркер данного гена – Gro1-4-1.

Полученные нами данные о наличии диагностических фрагментов маркеров 57 R и N195 в сортах 'Барон' и 'Ирбитский' согласуются с заключением Е. П. Шаниной с соавторами (Shanina..., 2011), в котором эти сорта указаны как «источники гена *H1*» (при этом авторы не указали, какие маркеры участвовали в молекулярном скрининге).

Можно заключить, что использованные в данном исследовании маркеры локуса *H1* демонстрируют тесную ассоциацию с устойчивостью отечественных сортов картофеля к *G. rostochiensis* (патотип Ro1). Поскольку ЗКН является объектом внутреннего и внешнего карантина в РФ, а фитопатологическое

тестирование очень трудоемко, использование методов маркер-опосредованного отбора в селекции имеет большие перспективы.

Выводы

Таким образом, в исследованной выборке (103 генотипа) присутствуют сорта, у которых выявлены диагностические фрагменты доминантных аллелей обоих генов устойчивости к ЗКН: *H1* и *Gro1-4*. При этом, частота встречаемости маркеров локуса *H1* среди нематодоустойчивых сортов значительно превышала таковую для гена *Gro1-4* (98% и 2%, соответственно).

Сорта, охарактеризованные по наличию маркеров генов устойчивости к *Globodera rostochiensis* (патотип Ro1), могут быть рекомендованы для использования в селекции – включены в скрещивания при получении новых сортов с комплексной устойчивостью к различным патогенам.

Благодарности. Статья подготовлена в рамках КНТП «Развитие селекции и семеноводства картофеля».

References/Литература

- Anisimov B. V., Elanskij S. N., Zejruk V. N., Kuznesova M. A., Simakov E. A., Skljajarova N. P., Filippov S. N., Jashina I. M. Potato cultivars cultivated in Russia. Moscow, 2013, 144 p. [in Russian] (Анисимов Б. В., Еланский С. Н., Зейрук В. Н., Кузнецова М. А., Симаков Е. А., Склярлова Н. П., Филиппов С. Н., Яшина И. М. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва. 2013. 144 с.).
- Antonova O. Y., Shvachko N. A., Novikova L. Y., Shuvalov O. Y., Kostina L. I., Klimenko N. S., Shuvalova A. R., Gavrilenko T. A. Genetic diversity of potato varieties bred in Russia and near-abroad countries based on polymorphism of SSR loci and markers associated with resistance (R-) genes // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 2016, vol. 20, no. 5, pp. 602–612 [in Russian] (Антонова О. Ю., Швачко Н. А., Новикова Л. Ю., Шувалов О. Ю., Костина Л. И., Клименко Н. С., Шувалова А. Р., Гавриленко Т. А. Генетическое разнообразие сортов картофеля российской селекции и стран ближнего зарубежья по данным полиморфизма SSR-локусов и маркеров R-генов устойчивости // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 5. С. 602–612).
- Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan // Breed Sci, 2012, vol. 62, no. 2, pp. 142–150.
- Bakker E., Achenbach U., Bakker J., Vliet J., Peleman J., Segers B., Heijden S., Linde P., Graveland R., Hutten R., Eck H., Coppoolse E., Vossen E., Bakker J., Goverse A. A high-resolution map of the H1 locus harbouring resistance to the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* // Theor Appl Genet., 2004, vol. 109, no. 1, pp. 146–152.
- Ballvora A., Ercolano M. R., Weiss J., Meksem K., Bormann C. A., Oberhagemann P., Salamini F., Gebhardt C. The R1 gene for potato resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) belongs to the leucine zipper/NBS/LRR class of plant resistance genes // Plant J. 2002, vol. 30, no. 3, pp. 361–371.

- Barone A., Ritter E., Schachtschabel U., Debener T., Salamini F., Gebhardt C. Localization by restriction fragment length polymorphism mapping in potato of a major dominant gene conferring resistance to the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* // Mol. Gen. Genet., 1990, vol. 224, no. 3, pp. 177–182.
- Birjukova V. A., Zhuravlev A. A., Abrosimova S. B., Kostina L. I., Hromova L. M., Shmyglja I. V., Morozova N. N., Kirsanova S. N. Using of molecular markers of the *H1* and *Gro1* genes of *Globodera rostochiensis* resistance // Dokl. RASHN, 2008, vol. 6, pp. 3–6 [in Russian] (Бирюкова В. А., Журавлев А. А., Абросимова С. Б., Костина Л. И., Хромова Л. М., Шмыгля И. В., Морозова Н. Н., Кирсанова С. Н. Использование молекулярных маркеров генов *H1* и *Gro1* устойчивости *Globodera rostochiensis* // Докл. РАСХН. 2008. Т. 6. С. 3–6).
- Birjukova V. A., Zhuravlev A. A., Abrosimova S. B., Kostina L. I., Hromova L. M., Shmyglja I. V., Morozova N. N., Kirsanova S. N. Searching for sources of genes of resistance to pathogens among samples of selection-genetic collections ARRIPF using molecular markers // Zashita kartofelja, 2015, no. 1, pp. 3–7 [in Russian] (Бирюкова В. А., Шмыгля И. В., Абросимова С. Б., Запекина Т. И., Мелешин А. А., Митюшкин А. В., Мананков В. В. Поиск источников генов устойчивости к патогенам среди образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИКС с использованием молекулярных маркеров // Защита картофеля. 2015. № 1. С. 3–7).
- Ellenby C. Tuber-forming species and varieties of the genus *Solanum* tested for resistance to the potato root eelworm *Heterodera rostochiensis* Wollenweber // Euphytica, 1954, vol. 3, pp. 195–202.
- FAO Statistical Pocketbook 2015 (<http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>).
- Felcher K. J., Douches D. Marker-Assisted Selection for Resistance to Golden Nematode in Potato. Plant Breeding and Genomics, 2012 (<http://articles.extension.org/pages/32490/marker-assisted-selection-for-resistance-to-golden-nematode-in-potato>).
- Finkers-Tomczak A., Bakker E., de Boer J., van der Vossen E., Achenbach U., Golas T., Suryaningrat S., Smant G., Bakker J., Goverse A. Comparative sequence analysis of the potato cyst nematode resistance locus *H1* reveals a major lack of co-linearity between three haplotypes in potato (*Solanum tuberosum* ssp.) // Theor Appl Genet., 2011, vol. 122, no. 3, pp. 595–608.
- Gavrilenko T., Antonova O., Shuvalova A., Krylova E., Alpatyeva N., Spooner D., Novikova L. Genetic diversity and origin of cultivated potatoes based on plastid microsatellite polymorphism // Genet Resour Crop Evol. 2013, vol. 60, pp. 1997–2015.
- Gavrilenko T. A., Klimenko N. S., Antonova O. Ju., Lebedeva V. A., Evdokimova Z. Z., Gadzhiev N. M., Apalikova O. V., Kostina L. I., Zoteeva N. M., Mamadbokirova F. T., Egorova K. V. Molecular screening of potato varieties and hybrids of the North-West Zone of the Russian Federation // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 2018, vol. 1, in press [in Russian] (Гавриленко Т. А., Клименко Н. С., Антонова О. Ю., Лебедева В. А., Евдокимова З. З., Гаджиев Н. М., Апаликова О. В., Костина Л. И., Зотеева Н. М., Мамадбокирова Ф. Т., Егорова К. В. Молекулярный скрининг сортов и гибридов картофеля Северо-Западной зоны Российской Федерации // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 1. В печати.).
- Gebhardt C., Mugniery D., Ritter E., Salamini F., Bonnel E. Identification of RFLP markers closely linked to the *H1* gene conferring resistance to *Globodera rostochiensis* in potato // Theor. Appl. Genet., 1993, vol. 85, pp. 541–544.
- Gruzdeva L. I., Matveeva E. M. Extension of area of potato cyst-forming nematodes in the North-West of Russia // Trudy Centralnogo parazitologii, 2010, vol. XLVI, pp. 71–80 [in Russian] (Груздева Л. И., Матвеева Е. М. Расширение ареала картофельной цистообразующей нематоды на Северо-Западе России // Труды Центра паразитологии. 2010. Т. XLVI. С. 71–80). <http://www.fao.org> (сайт The Food and Agriculture Organization).
- <https://www.cabi.org> (Centre for Agriculture and Biosciences International).
- Khiutti A. V., Antonova O. Yu., Mironenko N. V., Gavrilenko T. A., Afanasenko O. S. Potato resistance to quarantine diseases // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 2017, vol. 21, no. 1, pp.

- 51–61 [in Russian] (Хютти А. В., Антонова О. Ю., Мироненко Н. В., Гавриленко Т. А., Афанасенко О. С. Устойчивость картофеля к карантинным болезням // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 1. С. 51–61).
- Kort J., Ross H., Rumpfenhorst R. J., Stone A. R. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica*, 1977, vol. 23, pp. 333–339.
- Kreike C. M., Kok-Westeneng A. A., Vinke J. H., Stiekema W. J. Mapping of QTLs involved in nematode resistance, tuber yield and root development in *Solanum* sp. // *Theor. Appl. Genet.*, 1996, vol. 92, pp. 463–470.
- Kuz'minova O. A., Stashevski Z., Vologin S. G., Gimaeva E. A. Study of the selection potato material by molecular genetic analysis for the presence of genes of resistance to *Globodera rostochiensis*. *Sovremennye tehnologii vyrashhivaniya sel'skhozajstvennykh kul'tur: materialy Vseros. zaочноj nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, posvjashh. pamjati R.G. Gareeva*. 2015, pp. 88–97 [in Russian] (Кузьминова О. А., Сташевски З., Вологин С. Г., Гимаева Е. А. Изучение селекционного материала картофеля при помощи молекулярно-генетического анализа на наличие генов устойчивости к *Globodera rostochiensis* // Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур: материалы Всерос. заочной науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. памяти Р. Г. Гареева. 2015. С. 88–97).
- Limantseva L., Mironenko N., Shuvalov O., Antonova O., Khiutti A., Novikova L., Afanasenko O., Spooner D., Gavrilenko T. Characterization of resistance to *Globodera rostochiensis* pathotype Ro1 in cultivated and wild potato species accessions from the Vavilov Institute of Plant Industry // *Plant Breeding*, 2014, vol. 133, no. 5, pp. 660–665.
- Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N., Tamiya S., Naka T., Ishii T., Hosaka K. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato // *Euphytica*, 2011, vol. 18, no. 3, pp. 347–355.
- Paal J., Henselewski H., Muth J., Meksem K., Menéndez C. M., Salamini F., Ballvora A., Gebhardt C. Molecular cloning of the potato Gro1-4 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of the root cyst nematode *Globodera rostochiensis*, based on a candidate gene approach // *Plant J.*, 2004, vol. 38, no. 2, pp. 285–297.
- Potatoes*. Selection potato varieties of Russia and CIS countries. Issue 829. Catalog of the world collection of VIR. SPb, 2016, 43 с. [in Russian] (Картофель. Селекционные сорта картофеля России и стран СНГ. Выпуск 829. Каталог мировой коллекции ВИР. СПб., 2016. 43 с.).
- Reference book on quarantine phytosanitary condition of the territories of the CIS member*, 01.01.2017. Moscow, 2017, 106 p. [in Russian] (Справочник по карантинному фитосанитарному состоянию территорий государств – участников СНГ на 01.01.2017 г. Москва, 2017. 106 с.).
- Russian varieties of potatoes*. Catalog. Cheboksary, 2011, 192 p. [in Russian] (Российские сорта картофеля. Каталог. Чебоксары. 2011. 192 с.).
- Schultz L., Cogan N. O. I., McLean K., Dale M. F. B., Bryan G. J., Forster J. W., Slater A. T. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) // *Plant Breeding*. 2012, vol. 131, no. 2, pp. 315–321.
- Shanina E. P., Kljukina E. M., Koksharov V. P., Shanin A. A. The creation of nematode-resistant varieties is a priority in the potato selection in the Middle Urals // *Agrarnyj vestnik Urala*, 2011, vol. 81, no. 2, pp. 59–61 [in Russian] (Шанина Е. П., Ключкина Е. М., Кокшаров В. П., Шанин А. А. Создание нематодоустойчивых сортов – приоритетное направление в селекции картофеля на Среднем Урале // Аграрный вестник Урала. 2011. Т. 81. № 2. С. 59–61).
- Simakov E. A., Anisimov B. V., Skljárova N. P., Jashina I. M., Elanskij S. N. Potato cultivars cultivated in Russia. Moscow, 2009a, 92 p. [in Russian] (Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Склярова Н. П., Яшина И. М., Еланский С. Н. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва. 2009а. 92 с.).
- Simakov E. A., Anisimov B. V., Elanskij S. N., Zejruk V. N., Kuznecova M. A., Mal'cev S. V., Pshechenkov K. A., Skljárova N. P., Spiglazova S. Ju., Jashina I. M. Potato cultivars cultivated in Russia. Moscow, 2010, 128 p. [in Russian] (Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Еланский С. Н.,

- Зейрук В. Н., Кузнецова М. А., Мальцев С. В., Пшеченков К. А., Склярова Н. П., Стиглазова С. Ю., Яшина И. М. Сорты картофеля, возделываемые в России. Москва. 2010. 128 с.).
- Simakov E. A., Jakovleva B. A., Abrosimova S. B., D'jachenko A. A., Birjukova V. A. How to assess potato resistance to *Globodera rostochiensis*? It is time for the Russian scale to be aligned with the European // *Zashhita rastenij*, 2009b, vol. 1, pp. 28–29 [in Russian] (Симаков Е. А., Яковлева В. А., Абросимова С. Б., Дьяченко А. А., Бирюкова В. А. Как оценивать устойчивость картофеля к *Globodera rostochiensis*? Российскую шкалу пора привести в соответствие с европейской // *Защита растений*. 2009b. Т. 1. С. 28–29).
- State register of breeding achievements allowed for using = Gosreestr selekcionnyh dostizhenij, dopushhennyh k ispol'zovaniju, 2006–2017, <http://reestr.gossort.com/> [in Russian] (*Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию*. 2006–2017. <http://reestr.gossort.com/>).

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-76-89

УДК 633.1

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

С. Б. Лепехов

Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Россия, 656910, Барнаул-51, Научный городок, д. 35,
e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Ключевые слова:

гибридизация, подбор пар для скрещивания, селекция, гетерозис, трансгрессия, урожайность

Поступление:

31.07.2017

Принято:

17.11.2017

МЕТОДЫ ПОДБОРА ПАР ДЛЯ СКРЕЩИВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ У САМООПЫЛЯЮЩИХСЯ КУЛЬТУР

В своем арсенале селекционер имеет два инструмента управления формообразовательным процессом: подбор пар для скрещивания и отбор. Успех селекции растений в большой степени определяется правильным выбором родительских форм для гибридизации. Методы подбора пар менялись со временем и прошли за последний век путь от эколого-географического принципа до сложных математических методов генетического несходства родительских сортов. Оценка родительских компонентов по их комбинационной способности и на основе продуктивности ранних поколений трудоемка, основана на мелкоделяночных, однолетних и, зачастую, бесповторных опытах, что снижает ее точность. Накоплено большое количество данных, показывающих, что величина урожайности F_1 отражает реальную величину, которая может быть достигнута некоторыми чистыми линиями из данной комбинации скрещивания. Однако удачная гибридная популяция в таком случае не предсказывается заранее, а ищется среди уже осуществленных скрещиваний. Вышеназванные методы не решают проблему получения перспективной гибридной популяции только на основании изучения родительских форм. Многомерный анализ исходного материала в некоторой степени способен предсказать возникновение положительных трансгрессий. Оценка дивергенции родителей по фенотипическим признакам не всегда отражает соответствующие генетические различия. Различия сортов, выявленные посредством молекулярных маркеров, не тождественны генетическим отличиям агрономических признаков. Существующие методы подбора пар для скрещивания позволяют повысить частоту получения желаемых форм, но не способны надежно указать на конкретные комбинации скрещивания, в которых произойдет улучшение. Ретроспективный анализ селекционного процесса для сравнения различных методов подбора пар осложнен тем, что не изучается забракованный материал. Анализ литературных данных свидетельствует о том, что проблема подбора пар для скрещивания во многом остается нерешенной.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-79-89

ORIGINAL ARTICLE

S. B. Lepekhov

Altai Research Institute of Agriculture,
35 Nauchny Gorodok, Barnaul-51,
656910, Russia,
e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Key words:

hybridization, choosing parental pairs for crosses, plant breeding, heterosis, transgression, yield

Received:

31.07.2017

Accepted:

17.11.2017

METHODS OF CHOOSING PARENTAL PAIRS FOR CROSSES IN THE BREEDING OF SELF-POLLINATING CROPS FOR YIELD

A plant breeder has at his disposal two main tools to manage the process of morphogenesis: matching of pairs for crosses and selection. Plant breeding progress is for the most part achieved by a correct choice of parental forms for crosses. The methods of choosing parental pairs have changed in the course of time: in the past century they shifted from the ecogeographical approach to complex mathematical methods based on genetic dissimilarity between parental varieties. Assessment of parents according to their combinability and productivity of early generations is labor-consuming and relies upon small-plot, one-year and often non-replicated experiments with low accuracy. Many scientific papers report that some pure lines can reach the heterotic level of the F_1 hybrids in yield. In this case, however, a promising segregating population is not predicted but searched for among the already accomplished crosses. The aforesaid methods do not solve the problem of obtaining a promising hybrid population solely on the basis of a study of parental forms. Multivariate analysis of source material may to some extent predict positive transgressions. Evaluation of parental divergence by phenotypic traits does not always reflect the corresponding genetic differences. Cultivar differences spotted by molecular markers are not identical with genetic differences in agronomic traits. Contemporary methods of choosing parental pairs make it possible to increase the frequency of obtaining desirable forms, but fail to reliably identify the specific combination where an improvement occurs. Retrospective analysis of the breeding process in order to compare different methods of pair matching is complicated by the fact that the discarded material is not studied. Analysis of publications suggests that the problem of choosing parental pairs for hybridization remains largely unresolved..

Большое число комбинаций скрещиваний, практикуемых в современной селекции, свидетельствует об отсутствии сколько-нибудь точного представления о том, к чему приведет то или иное сочетание родительских форм. Обоснование принципов подбора компонентов скрещиваний до сих пор остается ключевой проблемой селекции зерновых культур (Korobejnikov, 2000). Детальный обзор современных принципов подбора пар для скрещиваний сделан в работах В. А. Зыкина (Zykin, 1984) и В. В. Сюкова (Syukov, 2014). В данной статье мы ставим своей целью расширенное рассмотрение роли гетерозиса и зерновой продуктивности в F₁ при оценке перспективности комбинаций скрещивания, а также методов оценки несходства родителей.

Наибольшую известность среди селекционеров получил эколого-географический принцип подбора пар для гибридизации, основоположником которого является И. В. Мичурин (Michurin, 1949). Суть его сводится к тому, чтобы объединить в новом сорте признаки и свойства, разобщенные между географически либо экологически удаленными родительскими формами. Принцип подбора пар по эколого-географическому происхождению является следствием закона гомологических рядов в наследственной изменчивости Н. И. Вавилова (Vavilov, 1922). Он основан на том, что изолированно эволюционировавшие в разных эколого-географических нишах формы имеют большую генетическую дивергенцию, следовательно, у экологически удаленных форм может быть наибольшее количество локусов, по которым они различаются, а от скрещивания таких форм в потомстве можно ожидать получение положительных трансгрессий (V'yushkov, 2004). Яровые и озимые сорта рассматриваются как эколого-географически отдаленные формы. Высокий эффект гетерозиса по признакам продуктивности наблюдается при гибридизации сортов разных сортосмен (Maksudov, Engalychev, 1985). Н. И. Вавилов писал: «...Мы постоянно видим, что в образовании лучших сортов участвовали разные географические формы...» (Vavilov, 1966, с. 123).

Важно, чтобы сорта, используемые в любых типах скрещиваний, были наиболее приспособлены к местным почвенно-климатическим условиям (Busch et al., 1974; Moiseenko et al., 2008; Mal'chikov, 2009; Davydova, Kazachenko, 2013). Использование в качестве одной из родительских форм географически отдаленного сорта, плохо адаптированного к местным условиям, ведет к тому, что большая часть потомства имеет низкую продуктивность (Souza, Sorrells, 1991). Непременным условием при включении образца в скрещивание является наличие у него наименьшего числа нежелательных признаков (Lobanov, 1983; Movchan et al., 1988; Satibalov, 2013).

Выведение сортов-шедевров резко изменило характер селекционного процесса. Эти сорта стали широко вовлекать в гибридизацию, что позволило в короткий срок поднять урожайность пшеницы во многих регионах. В эволюционном плане создание сортов-шедевров представляет собой процесс преобразования онтогенетических корреляций развития и основано на нарушении существующего и создании нового варианта интегрированности генома (Fesenko, Martynenko, 1992).

Определение комбинационной способности сортообразцов может предшествовать гибридизации. Сорта и линии, проявившие высокую общую комбинационную способность, могут повторно вовлекаться в скрещивания. Как известно, первоначально идея определения комбинационной способности сортов в селекции возникла применительно к перекрестноопыляющимся растениям, а позже была перенесена на самоопыляющиеся культуры. Комбинационная ценность любой родительской формы выражается средней величиной гетерозиса по всем комбинациям скрещивания и значением этой величины в конкретной комбинации. Первая характеризует общую комбинационную способность (ОКС) данной родительской формы, вторая – специфическую (СКС). Комбинационная способность выявляется обычно в диаллельных скрещиваниях различных модификаций, топ- и поликроссах. Последовавшие многочисленные

опыты позволили заключить, что использование метода оценки комбинационной способности родительских форм в системе диаллельных скрещиваний несущественно для предсказания перспективных комбинаций скрещивания или трансгрессий (Surma, 1996). Подбор родителей для гибридизации с максимальной урожайностью либо выраженностью элементов продуктивности является достаточно надежным основанием для получения гибридов с высокими среднепопуляционными значениями признаков и эффективного отбора на урожайность (Hamblin, Evans, 1976; Konovalov, Vlasenko, 1981; Zagvazdin, 1983; Obukhova et al., 2012) независимо от того, по какому типу этот признак наследуется (доминантному, рецессивному или промежуточному) (Voronkova, 1982).

Расчеты ОКС основываются на варьирующих по годам и географическим точкам количественных признаках. В той же степени изменяются эффекты ОКС и характер наследования признаков (Piskarev et al., 2008; Aniskov, 2010; Yusov et al., 2012). Проявление последних зависит также от условий проведения опытов, набора сортов, схемы скрещивания, площади питания растений, объема выборки, особенностей сортов, взятых за отцовскую или материнскую форму (Сілке, 1982). С другой стороны, многолетняя трудоемкая работа по определению ОКС методически не вписывается в принятую схему селекционного процесса, что создает большое техническое неудобство для селекционера (Simakov, 1990). Отбор гибридов на основе констант СКС лишен какого-либо практического смысла из-за слабой корреляции этого параметра со значениями признаков у гибридов (Korobejnikov, 2000).

Поскольку комбинировать множество современных сортов и линий во всех возможных сочетаниях скрещивания не представляется возможным, в качестве альтернативы диаллельным скрещиваниям был предложен метод топкросса, который подразумевает скрещивание анализируемых линий с общим тестером. Jenkins и Brunson (1932) пришли к

выводу, что топкросс позволяет отсеять половину инбредных линий кукурузы перед основной гибридизацией. Тем не менее, у данного способа имеются слабые места. Например, высокоурожайные линии, отобранные по их комбинационной способности с тестером, не всегда демонстрируют удовлетворительные результаты при скрещивании с другими линиями (Bertan et al., 2007).

Еще одним методом, позволяющим делать выводы о перспективности конкретной комбинации скрещивания апостериори, является изучение величины гетерозиса (Shinde, Deshmukh, 1989) и урожайности в F₁ либо в F₂ (Nass, 1979; Kotzamanidis et al., 2008; Gogas, Koutsika-Sotiriou, 2014). Некоторые селекционеры используют значения гетерозиса при отборе перспективных гибридных популяций, поскольку предполагается, что они вероятнее всего дадут трансгрессии (Gouli-Vardinoudi, Koutsika-Sotiriou, 1999). Однако по данному вопросу не существует единого мнения среди исследователей. Отмечается, что величина гетерозиса у гибридов F₁ не всегда позволяет прогнозировать отбор высокопродуктивных растений в расщепляющемся потомстве (Shayakh-metov, Nikonov, 1985; Konovalov, Sidorenko, 1990), как и использование величины урожайности первого поколения для предсказания этого показателя в последующих поколениях (Sikka et al., 1959). Для такой цели подходят гибридные популяции F₂–F₃, результаты оценки урожайности которых целесообразно использовать в качестве критерия для решения вопроса о масштабной селекционной проработке одних гибридных комбинаций и выбраковке либо резкого сокращения объема работ по другим (Korobejnikov, 2005). Однако данный факт свидетельствует о том, что оценка родительских компонентов для гибридизации растягивается на несколько лет, что нежелательно, кроме того, не гарантирует успех, поскольку разрешающая способность бесповторных опытов низка, всегда присутствует взаимодействие генотипа со средой. Ча-

сто урожайность потенциальной гибридной популяции можно предсказать заранее, используя среднюю урожайность родителей (Hamblin, Evans, 1976; Nass, 1979; Kotzamanidis et al., 2008), поэтому важно ее точное определение перед гибридизацией (Hamblin, Evans, 1976).

Оценка перспективности гибридной комбинации по данным ранних поколений варьирует по нескольким причинам. Гетерозис в F_1 – F_2 маскирует различия в аддитивных генетических эффектах продуктивности, которые интересуют селекционера. Практически всегда присутствует взаимодействие генотип – среда. Высокая урожайность не может быть единственной мерой ценности комбинации скрещивания, также важна изменчивость. Даже если тестирование в ранних поколениях предоставляет полезную информацию, то оно не будет использоваться на практике, если не оправдывает дополнительных затрат на ее получение (Knott, 1994).

Несмотря на противоречивость результатов и невысокую ценность эффектов ОКС, СКС, урожайности F_1 и гетерозиса для определения ценности родительских форм в практической селекции самоопыляющихся культур, перечислим некоторые факты, касающиеся первого гибридного поколения. Проведено множество исследований, выясняющих возможность сохранения уровня продуктивности гетерозисного гибрида линиями поздних поколений. У большинства из них обнадеживающие результаты. Smith (1952) продемонстрировал возможность получения селекционной линии *Nicotiana rustica*, которая бы превышала лучшего родителя или F_1 по большинству признаков. Williams (1959) сообщил, что отбор в F_4 позволил получить линии томата, которые по урожайности были близки к F_1 . Желаемые рекомбинанты появлялись с частотой 1 на 1000–1500 растений F_2 . Похожие результаты получены в опытах на ячмене (Wienhues, 1968; Polok et al., 1997), горохе (Sarawat et al., 1994), рисе (Balachandran et al., 1994) и пшенице (Cregan, Busch, 1978; Uddin et al., 1994a; Uddin et al., 1994b;

Suenaga, 1994). В опыте Bong и Swaminathan (1995) 61 дигаплоидная линия риса, полученная из культуры пыльников от трех гибридов, была оценена по урожайности и ее структуре. Результаты показали, что дигаплоидные линии, у которых значения признаков выражены преимущественно аддитивными генетическими эффектами, достигали уровня гетерозисных гибридов. Для признаков, включая урожайность, обусловленных преимущественно доминантными эффектами, значения дигаплоидных линий были существенно ниже, чем у соответствующих гибридов.

Jost и Hayward (1980) заключили, что все гены, от которых зависит гетерозис, не могут быть зафиксированы в последующих чистых линиях. Они сравнили 32 линии F_7 в двух географических точках с родителями и F_1 и обнаружили, что большинство линий существенно уступали F_1 за исключением двух линий, которые в одной точке имели урожайность чуть выше F_1 . Исследователи не исключили возможность потери желаемых трансгрессий в процессе отбора, что и привело к противоречивым результатам при сравнении лучших линий и F_1 .

Приведенные выше примеры свидетельствуют о том, что величина урожайности F_1 является важным показателем ценности комбинации скрещивания в селекции самоопыляющихся культур, поскольку отражает реальную величину, которая может быть достигнута некоторыми чистыми линиями, отобранными из нее. Случаи превосходства чистых линий над гибридом F_1 с отрицательным гетерозисом к лучшему родителю, из которого они были получены, редки (Busch et al., 1971). Следует заметить, что для практической селекции важно превосходство гибрида не над средне-родительской урожайностью и не над лучшим родителем, а над районированным стандартным сортом.

Хотя в области биотехнологии и биоинформатики достигнуты некоторые успехи, на практике селекционеры предпочитают подбирать пары на основе их

фенотипических характеристик. Считается, что путем рекомбинации генетических систем лучших районированных сортов, различающихся по относительной выраженности элементов продуктивности растений, и направленным отбором можно повысить урожайность (Shevtsov, 1979; Cil'ke et al., 1987). В то же время, Ю. Б. Коноваловым и Н. М. Власенко показано, что селекционная ценность гибридных комбинаций у яровой пшеницы не зависит от контрастности элементов продуктивности колоса у родительских форм (Коновалов, Власенко, 1981).

В последние годы, в результате широкого обмена селекционным материалом, географическая удаленность утратила первоначальный смысл в подборе пар по эколого-географическому принципу (Vogoevic, 1984), поэтому современные методы определяют не географическую, а генетическую отдаленность родителей с помощью разнообразных генетико-статистических показателей. Cowen и Frey (1987) справедливо отмечают, что прямым генетическим тестом степени расхождения двух родителей является варьирование признаков в F_2 . При таком подходе оценка родительских компонентов для гибридизации растягивается на несколько лет, что нежелательно. Как в случае с комбинационной способностью и продуктивностью ранних поколений, о перспективности родительских форм судят по их потомству, а не наоборот, что отрицает саму идею осознанного подбора пар, возможность селекционера задавать необходимое направление формообразовательного процесса. Удачная комбинация скрещивания не предсказывается заранее, а ищется среди уже осуществленных скрещиваний.

С. П. Мартыновым (Martynov, 1986) был предложен алгоритм, оценивающий две компоненты качества скрещивания: дивергентность родительских форм и выраженность хозяйственно полезных признаков у гибридной популяции в целом. Ограничением двукомпонентного алгоритма является предположение об аддитивном наследовании признака и отсутствии доминирования и эпистаза.

Тем не менее, ретроспективный анализ показал, что реальная эффективность гибридных комбинаций может быть оценена априори по данным анализа родительских форм (Цжина, Martynov, 1986).

Современным инструментом, используемым при оценке генетических расстояний между родителями, является многомерный анализ. Он позволяет объединять несколько переменных, как правило, фенотипических значений признаков, в один анализ (Bertan et al., 2007). Bhatt (1973) сравнил различные методы подбора пар для скрещивания и установил, что метод многомерного анализа подбора пар для гибридизации более эффективен, чем метод подбора пар по эколого-географическому принципу.

Д. Н. Гольшев, П. И. Степочкин, используя радиально-базисную искусственную нейронную сеть для оценки селекционной ценности образцов пшеницы, пришли к выводу, что продуктивность гибридных комбинаций может быть оценена априори по результатам анализа количественных признаков родительских форм (Golyshev, Stepochkin, 2007). Б. Н. Воробьев, А. В. Исачкин использовали для прогнозирования перспективности комбинаций скрещивания несходство главных компонент родителей (Vorobjev, Isachkin, 1997). Главные компоненты представляют собой линейные комбинации значений признаков в соответствии с их вкладом в общую дисперсию, они независимы и образуют убывающий ранжированный ряд, в котором первая компонента описывает самую большую часть дисперсии изучаемых признаков, вторая – большую часть оставшейся дисперсии и т. д. Для анализа достаточно иметь 2–3 компоненты, которые описывают 70–90% изменчивости.

А. В. Смиряев и др. (Smiryayev et al., 1999) оценивали генетическое несходство пары родительских сортов коэффициентами родства, вычисленными по родословным сортов (R) и оценкой евклидова расстояния (E) в пространстве признаков. Чем ниже R или выше E, тем менее сходен, как предполагается, аллельный состав двух родительских сортов, а

их гибрид F_1 имеет более высокую долю гетерозиготных локусов. Помимо евклидова расстояния, несходство родителей может быть определено метрикой Махаланобиса (M). В некоторых случаях евклидово расстояние между родительскими формами, рассчитанное на основе измерения количественных признаков, существенно коррелировало с зерновой продуктивностью в F_1 (Ali et al., 1995) и урожайностью гибридных популяций F_2 (Cox, Murphy, 1990). В других исследованиях не удалось выявить взаимосвязь между фенотипическими отличиями родительских форм и гетерозисом (Krystkowiak et al., 2009). Разнообразные сочетания аллелей в локусах с различной локализацией могут вести к схожему фенотипическому проявлению признаков у сортов. Метрики M и E этого не учитывают: в них близость родительских форм по величинам количественных признаков подразумевает сходство этих форм по аллельному составу (Smiryaev et al., 2013). В то же время, за фасадом фенотипического однообразия на самом деле может скрываться огромное генетическое разнообразие (Mather, Jinks, 1985).

Jinks и Pooni (1976) заключили, что урожайные генотипы в потомстве появляются в том случае, когда оба родителя схожи по урожайности, но отличаются по генетическому происхождению. Это предсказание верно при отсутствии взаимодействия генотип – среда, эпистаза и сцепления генов, ответственных за изучаемые признаки. Самые лучшие гибриды F_1 – F_3 появляются при скрещивании высокоурожайных родителей с наибольшими генетическими различиями (Singh, Singh, 1971).

Мазер и Джинкс (Mather, Jinks, 1985) предположили, что скрещивание с равномерным распределением «+» аллелей между родителями, контролирующими развитие какого-либо признака, приводит к высокой частоте трансгрессий, в то время как в скрещивании, в котором «+» аллели находятся у одного из родителей, частота трансгрессий практически равна нулю. Поэтому в случае выбора родителей, вовлекаемых в скрещивания для получения

трансгрессий, внимание должно быть уделено распределению аллелей между родителями (Chahota et al., 2007).

Л. В. Пашина (Pashina, 1995) предположила, что мерой генетических различий родительских пар может служить характер изменчивости признака по годам. Разный характер изменчивости признака у родителей, отражающий их генетические системы, способствует получению определенной доли высокоэффективных гибридов. Близкую по смыслу идею высказал В. Ф. Акулиничев. Если сорта различаются по аллелям, которые взаимодействуют с экологическими факторами и оказывают влияние на урожайность, то они должны неодинаково реагировать на определенные условия среды. И, очевидно, экологическая корреляция урожайности таких сортов, рассчитанная для большого числа экологических точек, должна стремиться к минус единице. При подборе пар для скрещивания на основе предлагаемого принципа минимальной экологической корреляции, то есть на основе максимального несходства адаптивных свойств, селекционер вправе ожидать в расщепляющейся популяции увеличения изменчивости по признакам адаптивности (Akulinichev, 1995). Данное предложение, несомненно, содержит в себе рациональное зерно, однако два адаптированных к конкретным условиям сорта вряд ли будут обладать альтернативными реакциями на часто встречающиеся в этих условиях лимитирующие факторы среды. По сути, подбор пар на основе максимального несходства адаптивных свойств будет выявлять различные экотипы.

В последние десятилетия генетическое несходство родителей стало возможно определять с помощью показателей, основанных на сравнении генетических маркеров RFLP, AFLP, SSR и т. п. Зачастую исследования об эффективности их использования в селекции содержат противоречивые результаты, или свидетельствуют о слабой и несущественной корреляции генетического расстояния между родителями и гетерозисом, продуктивностью потомств, частотой трансгрессий (Martin et al., 1995; Barbosa-Neto et al., 1996; Bohn

et al., 1999; Kuczyn'ska et al., 2007). В связи с этим, Kotzamanidis et al. (2008), А. В. Смиряев и др. (Smiryayev et al., 2013) отмечают, что даже если имеется информация о большем несходстве нуклеотидных цепочек экспрессирующихся генов, нет гарантии, что большее генетическое расстояние родителей вызовет дополнительную изменчивость конкретных признаков в популяции потомства. Это несходство у двух пар родителей может касаться разных участков одних или разных генов. Следует учесть, что часто при косвенной оценке дивергенции учитываются различия родительских форм лишь по некоторым «удобным для изучения» нуклеотидным последовательностям, составляющим незначительную часть генома. Таким образом, генетическая изменчивость, оцененная посредством молекулярных маркеров, часто не отражает генетической изменчивости агрономических признаков.

Итак, анализ литературных данных свидетельствует о том, что проблема подбора пар для скрещивания во многом остается нерешенной. Хотя В. А. Драгавцев (Dragavtsev, 2009) пишет, что теория подбора пар, в основном, создана, и для надежного получения трансгрессий достаточно скрещивать не 1000 сортов, а лишь 5–6 родителей, прошедших строгий эколого-генетический подбор, но в то же время не подкрепляет это заявление эмпирическими данными. Со времен В. И. Мичурина не возникло нового метода, который бы получил такое же широкое распространение, как подбор пар на основе эколого-географического принципа.

Некоторые из методов, описанных выше, позволяют повысить частоту получения желаемых форм, но не способны надежно указать конкретные комбинации скрещивания, в которых произойдет улучшение. В обзоре Rieseberg et al. (1999) сообщается, что только в 3-х из 113 исследованиях не удалось обнаружить трансгрессий у растений хотя бы по одному признаку. Таким образом, трансгрессия – это правило, а не исключение. Однако трансгрессия имеет вероятностную природу и обнаруживается среди значительного по объему числа растений, который не всегда

возможно качественно проработать при традиционной селекции. Высокоурожайные растения могут быть попросту утрачены из-за браковки в ранних поколениях (Atkins, Murphy, 1949). Даже если кандидаты для скрещивания прошли через надежную процедуру многолетнего изучения, то данные по гетерозису или продуктивности ранних поколений по-прежнему зависят от конкретных погодных условий. Более того, сама надежность сравнения различных методов подбора пар в изменчивых условиях низка и поэтому требует организации повторности по годам, либо экологическим точкам. Вероятно, поэтому в некоторых исследованиях не удается обнаружить достоверной взаимосвязи между характеристиками количественных признаков родителей и гибридных популяций (Nguen et al., 2010). Методы подробного изучения гибридного потомства требуют значительных затрат времени и труда и, порой, плохо вписываются в селекционный процесс, который при ретроспективном анализе заведомо содержит в себе ошибку выжившего, поскольку не учитывается селекционный материал, забракованный в поле после визуальной оценки. Может быть дан следующий ответ о соотношении между количеством комбинаций скрещивания и качеством работы с ними: если вероятность потери положительных трансгрессивных форм не опережает рост числа комбинаций скрещивания при снижении качества проработки каждой комбинации, то увеличение количества ежегодных комбинаций скрещиваний возможно.

Молекулярные маркеры зачастую не отражают генетической изменчивости агрономических признаков, поскольку важна изменчивость конкретных генов, которые затрагивает искусственный отбор. Большие надежды в данном случае можно возлагать на геномную селекцию, которая не требует знаний о генах, влияющих на признаки. С помощью ДНК-маркеров можно отбирать устойчивые генные сети, сохраняющиеся в поколениях (Khlestkina, 2013).

В заключении считаем нужным привести мнение о селекционной ценности

комбинации скрещивания. Главный показатель селекционной ценности – это наличие у отбираемых растений признаков улучшения. В этом должна заключаться принципиальная основа критерия селекционной ценности. Критерием ее не может служить частота встречаемости выдающихся форм, так как имеет значение не только число этих ценных растений, но и степень выраженности у них селективируемых признаков. Критерием селекционной ценности не может

быть факт обязательного выведения с участием определенной формы районированного сорта, так как, во-первых, появление его (пример особенно удачного отбора) зависит от методики, объема, условий работы и личности исследователя; а во-вторых, селекционная ценность нерайонированного сорта может реализоваться ступенчато в процессе улучшения вновь создаваемого материала (Simakov, 1990).

References/Литература

- Akulinichev V. F.* About parental pairs for crossing (O podbore par dlya skreshchivaniya) // *Selekcija i semenovodstvo*. 1995, no. 3, pp. 14–18 [in Russian] (*Акулиничев В. Ф.* О подборе пар для скрещивания // *Селекция и семеноводство*. 1995. №3. С. 14–18).
- Aniskov N. I.* Selective and genetic aspects in barley feature inheritance in the western Siberia conditions // *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010, no. 6, pp. 51–55 [in Russian] (*Анисков Н. И.* Селекционно-генетические аспекты в наследовании признаков ячменя в условиях Западной Сибири // *Вестник КраСГАУ*. 2010. №6. С. 51–55).
- Borojevic S.* Principles and methods of plant breeding (Principy i metody selekcii rastenij), Moscow: Kolos, 1984, 343 p. [in Russian] (*Бороевич С.* Принципы и методы селекции растений. Москва: Колос, 1984. 343 с).
- Vavilov N. I.* The law of homologous series in variation // *Journal of genetics*, 1922, vol. 12, iss. 1, pp. 47–89. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02983073>
- Vavilov N. I.* Selected papers. Genetics and breeding (Izbrannye sochineniya. Genetika i selekcija). Moscow, 1966, 559 p. [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Избранные сочинения. Генетика и селекция. Москва: Колос. 1966. 559 с).
- Vorobjev B. N., Isachkin A. V.* Selection of parents for bullace plum based on the main component // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1997, no. 3, pp. 68–73 [in Russian] (*Воробьев Б. Н., Исачкин А. В.* Подбор родительских пар сливы домашней на основе анализа главных компонент // *Известия ТСХА*. 1997. Вып. 3. С. 68–73).
- Voronkova N. Ye.* Some approaches to breeding value rating of wheat varieties and hybrids // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 1982, vol. 17, no. 4, pp. 458–462 [in Russian] (*Воронкова Н. Е.* Некоторые подходы к оценке селекционной ценности сортов и гибридов пшеницы // *Сельскохозяйственная биология*, 1982. Т. XVII. № 4. С. 458–462).
- V'yushkov A. A.* Breeding of spring wheat in Middle Povolzh'e (Selekcija yarovoj pshenicy v Srednem Povolzh'e). 2004, Samara, 224 p. [in Russian] (*Вьюшков А. А.* Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. – Самара, 2004. 224 с.).
- Golyshev D. N., Stepochkin P. I.* Prediction of wheat breeding value through artificial neural network (Prognoz selekcionnoj cennosti pshenicy s pomoshch'yu iskusstvennoj nejronnoj seti) // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK – Advances in science and technology agriculture*, 2007, no. 2, pp. 52–53 [in Russian] (*Гольшев Д. Н., Степочкин П. И.* Прогноз селекционной ценности пшеницы с помощью искусственной нейронной сети // *Достижения науки и техники АПК*. 2007. № 2. С. 52–53).
- Davydova N. V., Kazachenko A. O.* Features of starting material selection for spring soft wheat selective breeding in the central Nechernozemie (nonblack soil zone) // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 5 (103), pp. 5–9 [in Russian] (*Давыдова Н. В., Казаченко А. О.* Особенности подбора исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях центрального Нечерноземья // *Вестник АГАУ*. 2013. № 5 (103). С. 5–9).
- Dragavtsev V. A.* Problems of overcoming gaps between genes and characteristics in present

- selection // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2009, iss. 2, pp. 110–122 [in Russian] (*Драгавцев В. А.* Проблемы преодоления разрывов между генами и признаками в современной селекции // *Известия ТСХА*. 2009. № 2. С. 110–122).
- Zagvazdin G. N.* Identify of variety combining ability in different conditions (Vyuvlenie kombinacionnoj sposobnosti sortov v raznyh usloviyah vyrashchivaniya) // *Selekcija i semenovodstvo*. 1983, no. 3, pp. 18–20 [in Russian] (*Загваздин Г. Н.* Выявление комбинационной способности сортов в разных условиях выращивания // *Селекция и семеноводство*. 1983. № 3. С. 18–20).
- Zykin V. A.* System analysis of problem in parental choice for hybridization (Sistemnyj analiz problemy podbora par dlya gibrizacii) // *Selekcija i semenovodstvo sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Zapadnoj Sibiri - Breeding and seed production of crops in Western Siberia*, 1984. VASKHNIL, Sibirskoe otdelenie. Novosibirsk, pp. 3–12 [in Russian] (*Зыкин В. А.* Системный анализ проблемы подбора пар для гибридизации // *Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур в Западной Сибири*. ВАСХНИЛ Сибирское отделение. Новосибирск, 1984. С. 3–12).
- Цылина Л. Г., Мартынов С. П.* Retrospective verification of two-component algorithm of planning crosses in spring wheat // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 1986, no. 6, pp. 97–100 [in Russian] (*Ильина Л. Г., Мартынов С. П.* Ретроспективная проверка двухкомпонентного алгоритма планирования скрещиваний на яровой пшенице // *Сельскохозяйственная биология*. 1986. № 6. С. 97–100).
- Konovalov Yu. B., Vlasenko N. M.* On matching pairs for crossing in soft spring wheat while performing selection for productivity // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1981, no. 1, pp. 40–46 [in Russian] (*Коновалов Ю. Б., Власенко Н. М.* О подборе пар для скрещивания у мягкой яровой пшеницы при селекции на продуктивность // *Известия ТСХА*. 1981. № 1. С. 40–46).
- Konovalov Yu. B., Sidorenko V. S.* Heterosis and efficiency of filling the grain in spring barley hybrids // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1990, no. 1, pp. 51–56 [in Russian] (*Коновалов Ю. Б., Сидоренко В. С.* Гетерозис и эффективность налива зерна у гибридов ярового ячменя // *Известия ТСХА*. 1990. Вып. 1. С. 51–56).
- Korobejnikov N. I.* Spring soft wheat breeding for yield in Altai krai conditions: metodical decisions and new variety (Selekcija yarovoj myagkoj pshenicy na urozhajnost' v usloviyah Altajskogo kraja: metodicheskie resheniya i novye sorta) // *Sovremennye problemy sel'skogo hozyajstva i puti ih resheniya - Modern problems of agriculture and ways of their solution*. 2000, RASKHN, Sibirskoe otdelenie, Barnaul, pp. 102–116 [in Russian] (*Коробейников Н. И.* Селекция яровой мягкой пшеницы на урожайность в условиях Алтайского края: методические решения и новые сорта // *Современные проблемы сельского хозяйства и пути их решения*. 2000. РАСХН. Сибирское отделение. Барнаул. С. 102–116).
- Korobejnikov N. I.* Efficiency of prediction of spring soft wheat intraspecific hybrids breeding value based on analysis of early generations (Effektivnost' prognoza selekcionnoj cennosti vnutrividovyh gibridov yarovoj myagkoj pshenicy po rezul'tatam analiza rannih pokolenij). Barnaul, 2005, 36 p. [in Russian] (*Коробейников Н. И.* Эффективность прогноза селекционной ценности внутривидовых гибридов яровой мягкой пшеницы по результатам анализа ранних поколений. Барнаул, 2005. 36 с.).
- Lobanov N. A.* Directions and methods of selection (Napravleniya i metody selekcii) // *Selekcija i semenovodstvo*. 1983, no. 8, pp. 20–21 [in Russian] (*Лобанов Н. А.* Направления и методы селекции // *Селекция и семеноводство*. 1983. №8. С. 20–21).
- Mather K., Jinks J. L.* Biometricheskaya genetika. 1985, Moscow [in Russian] (*Мазер К., Джинкс Дж.* Биометрическая генетика. М., 1985. 463 с.).
- Maksudov Z. Yu., Engalychev O. Kh.* Combining ability for productivity and early maturing and heritability of these features in ecologically remote hybrids of cotton varieties // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 1985, no. 4, pp. 22–27 [in Russian] (*Максудов З. Ю., Енгальчев О. Х.* Комбинационная способность по продуктивности и скороспелости и наследуемость этих признаков у гибридов экологически отдаленных сортов хлопчатника // *Сельскохозяйственная биология*. 1985. № 4. С. 22–27).
- Mal'chikov P. N.* Selection of parental genotypes for hybridization in breeding summer wheat durum // *Dostizheniya nauki i tehniki APK - Advances in science and technology agriculture*. 2009, no. 10, pp. 62–64

- [in Russian] (*Мальчиков П. Н.* Подбор родительских генотипов для гибридизации в селекции яровой твердой пшеницы // *Достижения науки и техники АПК.* 2009. №10. С. 62–64).
- Martynov S. P.* Two-component algorithm for planning simple and complex crosses // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 1986, no. 2, pp. 110–114 [in Russian] (*Мартынов С. П.* Двухкомпонентный алгоритм планирования простых и сложных скрещиваний в селекции самоопыляющихся культур // *Сельскохозяйственная биология.* 1986. № 2. С. 110–114).
- Michurin I. V.* Results of sixty years works (Itogi shestidesyatiletnih rabot). 1949, 5-th ed., Moscow, 671 p. [in Russian] (*Мичурин И. В.* Итоги шестидесятилетних работ. 5-е изд. М., 1949. 671 с.).
- Movchan V. K., Krivobochek V. G., Shek G. O., Malyutina O. M., Rud' O. I.* Direction, methods and results of selection for stability of yield (Napravlenie, metody i rezul'taty selekcii na stabil'nost' urozhajnosti) // *Sorta i teoreticheskie issledovaniya po selekcii v Severnom Kazahstane – Varieties and theoretical research for breeding in North Kazakhstan.* Celinograd, 1988. 103 p. [in Russian] (*Мовчан В. К., Кривобочек В. Г., Шек Г. О., Малютина О. М., Рудь О. И.* Направление, методы и результаты селекции на стабильность урожайности // *Сорта и теоретические исследования по селекции в Северном Казахстане.* Целиноград, 1988. 103 с.).
- Moiseenko L. M., Klykov A. G., Timoshinov R. V.* Selection work with crops in Primorsk krai (Selekcionnaya rabota s zernovymi kul'turami v Primorskom krae) // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK – Advances in science and technology agriculture* 2008, no. 6, pp. 13–15 [in Russian] (*Моисеенко Л. М., Клыков А. Г., Тимошинов Р. В.* Селекционная работа с зерновыми культурами в Приморском крае // *Достижения науки и техники АПК.* 2008. № 6. С. 13–15).
- Nguyen T. T., Smiryayev A. V., Bazhenova S. S.* Evaluation of effectiveness in methods of parental pairs choice for example in spring soft wheat (Ocenka ehffektivnosti metodov podbora roditel'skih par na primere myagkoj yarovojs pshenicy) // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2010, iss. 6, pp. 67–74. [in Russian] (*Нгуен Т. Т., Смирязев А. В., Баженова С. С.* Оценка эффективности методов подбора родительских пар на примере мягкой яровой пшеницы // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2010, вып. 6, с. 67–74).
- подбора родительских пар на примере мягкой яровой пшеницы // *Известия ТСХА.* 2010. Вып. 6. С. 67–74).
- Obukhova A. V., Omelyanyuk L. V., Popolzhukhina N.A.* Combinational ability of field pea in diallel crossing system in terms of seed yield components // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 12 (98), pp. 14–17 [in Russian] (*Обухова А. В., Омелянюк Л. В., Поползухина Н. А.* Комбинационная способность гороха посевного в системе диаллельных скрещиваний по элементам семенной продуктивности // *Вестник АГАУ.* 2012. № 12 (98). С. 14–17).
- Pashina L. V.* The use of graphical analysis in selection of flax fiber (Ispol'zovanie graficheskogo analiza v selekcii l'na-dolgunca). *Selekcija i semenovodstvo.* 1995, no. 3, pp. 14–18 [in Russian] (*Пашина Л. В.* Использование графического анализа в селекции льна-долгунца // *Селекция и семеноводство.* 1995. № 3. С. 14–18).
- Piskarev V. V., Cil'ke R. A., Timofeev A. A., Moskalenko V. M.* Inheritance of grain weight per spike in different eco-climatic conditions (Nasledovanie massy zerna kolosa v razlichnyh ehkologo-klimaticheskikh usloviyah) // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK – Advances in science and technology agriculture.* 2008, no. 1, pp. 26–27 [in Russian] (*Пискарев В. В., Цильке Р. А., Тимофеев А. А., Москаленко В. М.* Наследование массы зерна колоса в различных эколого-климатических условиях // *Достижения науки и техники АПК.* 2008. № 1. С. 26–27).
- Satibalov A. V.* Breeding of pear with taking into consideration the agrobiological requirements of modern horticulture // *Plodovodstvo i vinogradarstvo YUga Rossii – Fruit growing and viticulture of South Russia.* 2013, no. 21 (3), pp. 15–30 [in Russian] (*Сатибалов А. В.* Селекция груши с учетом агробиологических требований современного садоводства // *Плодоводство и виноградарство Юга России.* 2013. № 21 (3). С. 15–30).
- Simakov G. A.* About breeding value (O selekcionnoj cennosti) // *Selekcija i semenovodstvo*, 1990, no. 3, pp. 8–11 [in Russian] (*Симаков Г. А.* О селекционной ценности // *Селекция и семеноводство.* 1990. № 3. С. 8–11).
- Smiryayev A. V., Martynov S. P., Tolstova O. V.* Predict of heterosis and comparison of heterozygosity in self-pollinating hybrids F₁

- based on Euclidean distance // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1999, iss. 3, pp. 51–57 [in Russian] (Смиряев А. В., Мартынов С. П., Толстова О. В. Прогноз гетерозиса и сравнение гетерозиготности гибридов F₁ самоопылителей с помощью евклидова расстояния // *Известия ТСХА*. 1999. Вып. 3. С. 51–57).
- Smiryayev A. V., Divashuk M. G., Khupatsarya T. I., Bazhenova S. S., Nguen T. T. Effectiveness forecast of offspring selection in populations based on different indirect estimates of parents genetic divergence on the example of soft spring wheat // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2013, iss. 1, pp. 57–70 [in Russian] (Смиряев А. В., Дивашук М. Г., Хупацаря Т. И., Баженова С. С., Нгуен Т. Т. Прогноз эффективности отбора в популяциях потомства по косвенным оценкам генетической дивергенции родителей на примере мягкой яровой пшеницы // *Известия ТСХА*. 2013. Вып. 1. С. 57–70).
- Syukov V. V. Methods of choice in parental pairs for hibridization (Metody podbora roditel'skikh par dlya gibridizacii u samoopylyayushchihysya rastenij) // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN – Izvestiya of the Samara Scientific Center of RAS*. Samara, 2014, 81 p. [in Russian] (Сюков В. В. Методы подбора родительских пар для гибридизации у самоопыляющихся растений // *Известия Самарского научного центра РАН*. Самара, 2014. 81 с.).
- Fesenko N. V., Martynenko G. Ye. Evolutional aspects of buckwheat and wheat breeding // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 1992, no. 3, pp. 3–12. [in Russian] (Фесенко Н. В., Мартыненко Г. Е. Эволюционные аспекты селекции растений // *Сельскохозяйственная биология*. 1992. № 3. С. 3–12).
- Khlestkina E. K. Molecular markers in genetic studies and breeding. Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii // *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2013, vol. 17, no. 4–2, pp. 1044–1054 [in Russian] (Хлесткина Е. К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2013. Т. 17. № 4–2. С. 1044–1054).
- Cil'ke R. A. Genetics of productiveness in spring soft wheat and problems of breeding in Western Siberia (Genetika produktivnosti myagkoj yarovoj pshenicy i zadachi selekcii v Zapadnoj Sibiri) // *Tezisy dokladov IV s'ezda VOGIS – Theses of IV-th congress VOGIS*. 1982, Kishinev, SHTiinca, Chapter. 3. pp. 247–248 [in Russian] (Цильке Р. А. Генетика продуктивности мягкой яровой пшеницы и задачи селекции в Западной Сибири // *Тезисы докладов IV съезда ВОГИС*. Ч. 3. Кишинев: ШТИинца, 1982. С. 247–248).
- Cil'ke R. A., Kovtun V. I., Timofeev A. A. Efficiency of recombinant breeding in spring soft wheat for grain yield (Ehffektivnost' rekombinacionnoj selekcii myagkoj yarovoj pshenicy po urozhajnosti zerna). Principy i metody selekcii intensivnyh sortov sel'skohozyajstvennyh rastenij – Principles and methods of breeding in intensive crop varieties. 1987, VASKHNIL, Sibiskoe otdelenie, Novosibirsk, 188 p. [in Russian] (Цильке Р. А., Ковтун В. И., Тимофеев А. А. Эффективность рекомбинационной селекции мягкой яровой пшеницы по урожайности зерна // *Принципы и методы селекции интенсивных сортов сельскохозяйственных растений*. 1987. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. Новосибирск. 188 с.).
- Shayahmetov I. F., Nikonov V. I. On transgression of productivity parameters in spring hard wheat // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 1985, no. 6, pp. 50–53 [in Russian] (Шаяхметов И. Ф., Никонов В. И. О трансгрессии признаков продуктивности у гибридов яровой твердой пшеницы // *Сельскохозяйственная биология*. 1985. № 6. С. 50–53).
- Shevtsov V. M. Positive transgression in barley breeding // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 1979, vol. 14, no 1, pp. 15–21 [in Russian] (Шевцов В. М. Получение положительных трансгрессий в селекции ячменя // *Сельскохозяйственная биология*. 1979. Т. XIV. № 1. С. 15–21).
- Yusov V. S., Evdokimov M. G., Tatina B. M. Variability of combining ability in durum wheat depending on growth conditions // *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii – Vavilov journal of genetics and breeding*. 2012, vol. 16, no. 2, pp. 451–454 [in Russian] (Юсов В. С., Евдокимов М. Г., Татина Б. М. Изменчивость комбинационной способности твердой пшеницы в зависимости от условий выращивания // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012. Т. 16. № 2. С. 451–454).
- Ali M., Copeland L. O., Elias S. G., Kelly J. D. Relationship between genetic distance and heterosis for yield and morphological traits

- in winter canola (*Brassica napus* L.) // Theoretical and applied genetics. 1995, vol. 91, iss. 1, pp. 118–121. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00220867>.
- Atkins R. E., Murphy H. C. Evaluation of yield potentialities of oat crosses from bulk hybrid tests // Agronomis journal. 1949, vol. 41, iss. 1, pp. 41–45.
- Ba Bong B., Swaminathan M. S. Magnitude of hybrid vigor retained in double haploid lines of some heterotic rice hybrids // Theoretical and applied genetics. 1995, vol. 90, iss. 2, pp. 253–257. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00222210>.
- Balachandran S. M., Hoan N. T., Garg A. K., Sarma N. P., Siddiq E. A. Anther and somatic cell culture studies in rice // 7th Meeting Int, Program Rice Biotechnology. 1994. The Rockefeller Foundation, Bali, 278 p.
- Barbosa-Neto J. F., Sorrells M. E., Cisar G. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP-based estimates of genetic relationship // Genome, 1996, vol. 39, iss. 6, pp. 1142–1149. DOI: <https://doi.org/10.1139/g96-144>
- Bertan I., de Carvalho F. I. F., de Oliveira A. C. Parental selection strategies in plant breeding programs // Journal of crop science and biotechnology, 2007, vol. 10, iss. 4, pp. 211–222.
- Bhatt G. M. Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Australian Journal of Agricultural Research, 1973, vol. 24, iss. 4, pp. 457–464. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9730457>
- Bohn M., Utz H. F., Melchinger A. E. Genetic similarities among winter wheat cultivars determined on the basis of RFLPs, AFLPs, and SSRs and their use for predicting progeny variance // Crop Science, 1999, vol. 39, no. 1, pp. 228–237. DOI: 10.2135/cropsci1999.0011183X003900010035x.
- Busch R. H., Lucken K. A., Frohberg R. C. F₁ hybrids versus random F₅ line performance and estimates of genetic effects in spring wheat // Crop science. 1971, vol. 11, no. 3, pp. 357–361. DOI: 10.2135/cropsci1971.0011183X001100030014x.
- Busch R. H., Janke J. C., Frohberg R. C. Evaluation of crosses among high and low yielding parents of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and bulk prediction of line performance // Crop Science, 1974, vol. 14., no. 1, pp. 47–50. DOI: 10.2135/cropsci1974.0011183X001400010014x.
- Chahota R. K., Kishore N., Dhiman K. C., Sharma T. R., Sharma S. K. Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micro-macrosperma genepool of lentil (*Lens culinaris* Medikus) // Euphytica, 2007, vol. 156, iss. 3, pp. 305–310. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9359-9>.
- Cowan N. M., Frey K. J. Relationships between three measures of genetic distance and breeding behavior in oats (*Avena sativa* L.) // Genome, 1987, vol. 29, no. 1, pp. 97–106. DOI: <https://doi.org/10.1139/g87-017>.
- Cox T. S., Murphy J. P. The effect of parental divergence on F₂ heterosis in winter wheat crosses // Theoretical and applied genetics, 1990, vol. 79, iss. 2, pp. 241–250. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00225958>.
- Cregan P. B., Busch R. H. Heterosis, inbreeding and line performance in crosses of adapted spring wheats // Crop Science, 1978, vol. 18, no. 2, pp. 247–51. DOI: 10.2135/cropsci1978.0011183X001800020013x.
- Gogas C. A., Koutsika-Sotiriou M. Yield ability and yield stability, the effective tools through selection procedure of classified wheat (*Triticum aestivum*) crosses // Journal of agricultural science, 2014, vol. 6, no. 2, pp. 90–102. DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n2p90>.
- Gouli-Vardinoudi E., Koutsika-Sotiriou M. Early generation testing for isolating promising crosses in bread wheat // Rachis, 1999, vol. 18, iss. 2, pp. 25–30.
- Jenkins M. T., Brunson A. M. Methods of testing inbred lines of maize in crossbred combinations // Journal of the American society of agronomy, 1932, vol. 24, iss. 7, pp. 523–530. DOI: 10.2134/agronj1932.00021962002400070004x.
- Jinks J. L., Pooni H. S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent // Heredity, 1976, vol. 36, pp. 253–266. DOI: 10.1038/hdy.1976.30.
- Jost M., Hayward C. F. F₁ hybrid versus 32 selected F₇ lines performance of common winter wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) // Theoretical and applied genetics, 1980, vol. 58, iss. 2, pp. 177–180. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00279711>
- Hamblin J., Evans A. M. The estimation of cross yield using early generation and parental yields in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) // Euphytica, 1976, vol. 25, iss. 1, pp. 515–520. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00041586>
- Knott D. R. The use of bulk F₂ and F₃ yield tests to predict the performance of durum wheat

- crosses // Canadian journal of plant science, 1994, vol. 74, № 2, pp. 241–245. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps94-04>.
- Kotzamanidis S. T., Lithourgidis A. S., Mavromatis A. G., Chasioti D. I., Roupakias D. G.* Prediction criteria of promising F₃ populations in durum wheat: A comparative study // Field crops research, 2008, vol. 107, iss. 3, pp. 257–264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.012>.
- Krystkowiak K., Adamski T., Surma M., Kaczmarek Z.* Relationship between phenotypic and genetic diversity of parental genotypes and the specific combining ability and heterosis effects in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Euphytica, 2009, vol. 165, iss. 3, pp. 419–434. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9761-y>.
- Kuczyn'ska A., Surma M., Kaczmarek Z., Adamski T.* Relationship between phenotypic and genetic diversity of parental genotypes and the frequency of transgression effects in barley (*Hordeum vulgare* L.) // Plant Breeding, 2007, vol. 126, iss. 4, pp. 361–368. DOI: [10.1111/j.1439-0523.2007.01367.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01367.x).
- Martin J. M., Talbert L. E., Lanning S. P., Blake N. K.* Hybrid performance in wheat as related to parental diversity // Crop Science, 1995, vol. 35, no. 1, pp. 104–108.
- Nass H. G.* Selecting superior spring wheat crosses in early generations // Euphytica, 1979, vol. 28, iss. 1, pp. 161–167. DOI: [10.2135/crop-sci1995.0011183X003500010019x](https://doi.org/10.2135/crop-sci1995.0011183X003500010019x).
- Polok K., Szarejko I., Maluszynski M.* Barley mutant heterosis and fixation of F₁-performance in doubled haploid lines // Plant breeding, 1997, vol. 116, iss. 2, pp. 133–140. DOI: [10.1111/j.1439-0523.1997.tb02167.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1997.tb02167.x).
- Rieseberg L. H., Archer M. A., Wayne R. K.* Transgressive segregation, adaptation and speciation // Heredity, 1999, vol. 83, iss. 4, pp. 363–372. DOI: [10.1046/j.1365-2540.1999.00617.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2540.1999.00617.x).
- Sarawat P., Stoddard F. L., Marshall D. R., Ali S. M.* Heterosis for yield and related characters in pea // Euphytica, 1994, vol. 80, iss. 1, pp. 39–48. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00039296>.
- Shinde N. V., Deshmukh R. B.* Heterosis in urdbean // Indian journal of pulses research, 1989, no. 21, pp. 19–24.
- Sikka S. M., Jain K. B. L., Parmar K. S.* Evaluation of the potentialities of wheat crosses based on mean parental and early generation values // Indian journal of genetics and plant breeding, 1959, vol. 19, iss. 2, pp. 150–170.
- Singh K. B., Singh J. K.* Potentialities of heterosis breeding in wheat // Euphytica, 1971, vol. 20, iss. 4, pp. 586–590. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00034214>.
- Smith H. H.* Fixing transgressive vigour in *Nicotiana rustica* // In: Heterosis (Ed. J. W. Gowen.). Iowa State College: Ames, Iowa, USA, 1952, pp. 161–174.
- Souza E., Sorrells M. E.* Prediction of progeny variation in oat from parental genetic relationships // Theoretical and applied genetics, 1991, vol. 82, iss. 2, pp. 233–241. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00226219>.
- Suenaga K.* Doubled haploid system using the intergeneric crosses between wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) // Bull. Natl. Inst. Agrobiol. Res., 1994, vol. 9, pp. 83–139.
- Surma M.* Biometryczno-genetyczna analiza cech ilooeciowych mieszcancow i linii podwojonych haploidow jeczmiienia jarego. Rozprawy i Monografie, Institute of Plant Genetics PAS, Poznan, 1996, vol. 3, 110 p.
- Uddin M. N., Ellison F. W., O'Brien H., Latter B. D. H.* The performance of pure lines derived from heterotic bread wheat hybrids // Australian journal of agricultural research, 1994, vol. 45, iss. 3, pp. 591–600. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9940591>.
- Uddin M. N., Ellison F. W., O'Brien H., Latter B. D.* Relationships among attributes of pure lines of bread wheat derived from heterotic F₁ hybrids // Australian journal of agricultural research, 1994, vol. 45, iss. 3, pp. 601–611. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9940601>.
- Wienhues F.* Long-term yield analyses of heterosis in wheat and barley: variability of heterosis, fixation of heterosis // Euphytica, 1968, vol. 17 (suppl. I), pp. 49–62.
- Williams W.* The isolation of pure lines from F₁ hybrids of tomato and the problem of heterosis in inbreeding crop species // Journal of agricultural science, 1959, vol. 53, iss. 3, pp. 34–53. DOI: <https://doi.org/10.1017/S00218596002075X>.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-90-99

УДК 633.16:631.527:631.526.32(527.1)

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

П. Н. Николаев¹, П. В. Поползухин¹, Н. И. Аниськов²,
О. А. Юсова¹, И. В. Сафонова²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 644012 г. Омск, пр. Королева 26,
e-mail: sibniish@bk.ru

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская 42-44,
e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИВОВАРЕННОГО СОРТА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ОМСКИЙ 100

Актуальность. Селекция пивоваренного ячменя в России – перспективное направление растениеводства. Одним из главных факторов, влияющих на необходимость поиска новых сортов ячменя, являются климатические условия. Сорта пивоваренного ячменя, завозимые из стран Европы, зачастую не выдерживают специфических погодных условий Западной Сибири. **Объектом** исследований выступал новый перспективный сорт ячменя пивоваренного направления ‘Омский 100’ (‘Медикум 4747’), переданный на ГСИ в 2015 г. **Материалы и методы.** Проведение исследований сопровождалось постановкой полевых опытов на селекционном стационаре лаборатории селекции ячменя (третий селекционный севооборот, четвертая культура после пара) на опытных полях Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства, расположенных в южной лесостепи Омской области. Селекционная проработка материал велась на основе методики ГСИ. Проведены оценка на устойчивость к болезням и биохимический анализ зерна. Математическая обработка проведена методом дисперсионного анализа, рассчитаны параметры стабильности, пластичности и гомеостатичности. **Результаты.** Яровой ячмень ‘Омский 100’ выведен путем гибридизации (Медикум 4365 × Медикум 4549) в 1998 году с последующим индивидуальным отбором. Сорт ‘Омский 100’ относится к лесостепной экологической группе сортов, характеризуется высокой устойчивостью к полеганию, слабой восприимчивостью к черной головне, средней – к пыльной головне и сильной – к каменной головне. В среднем за 2011–2015 гг., новый сорт ‘Омский 100’ имел пониженное содержание белка (12,8%, «–»0,5% st.), натура зерна составила 634 г/л, («+»44 г/л st.), пленчатость зерна 8,5% («–»0,2% st.). По другим биохимическим показателям – экстрактивности (80,6%), пленчатости (8,5%) и массе 1000 зерен (53,3 г) – сорт ‘Омский 100’ соответствовал требованиям ГОСТа на пивоваренный ячмень. По продуктивности сорт ‘Омский 100’ относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири (4,5 т/га, «+»0,4 т/га st.), отзывчив на улучшение условий выращивания ($b^2d = 2,3$, $KM = 2,6$) и способен сочетать высокую потенциальную урожайность с минимальным ее снижением в неблагоприятных условиях выращивания ($Not = 0,4$). **Заключение.** Сорт ‘Омский 100’ соответствует требованиям ГОСТа на пивоваренный ячмень и рекомендуется для использования в пивоваренной промышленности.

Ключевые слова:

яровой многорядный ячмень, вегетационный период, поражение головней, высота растений, форма колоса, зазубренность остей, цвет зерна, стабильность, пластичность, гомеостатичность

Поступление:

20.09.2017

Принято:

17.11.2017

P. N. Nikolaev¹, P. V. Popolzu-
khin¹, N. I. Anisimov²,
O. A. Yusova¹, I. V. Safonova²

¹Siberian Research Institute of Ag-
riculture, RAAS,
26 Koroleva Ave., Omsk, 644012,
Russia,

e-mail: sibniish@bk.ru

²N. I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42–44. Bolshaya Morskaya St., St.
Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Key words:

*common spring barley, growing
season, smut incidence, plant
height, spike shape, awn serra-
tion, kernel color, stability, flexi-
bility, homeostaticity*

Received:

20.09.2017

Accepted:

17.11.2017

AGROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MALTING SPRING BARLEY CULTIVAR 'OMSKY 100

Background. Breeding of malting barley in Russia is a promising trend in plant production. One of the main factors urging the need for new barley varieties is climate. Malting barley cultivars imported from Europe often cannot withstand the specific weather conditions of Western Siberia. **Object.** The object of re- search was the new and promising cultivar of malting spring barley 'Omsky 100' ('Medicum 4747') submitted for the State Trials in 2015. **Materials and meth- ods.** The research was accompanied by field experiments at the stationary breeding nursery of the Barley Breeding Lab (third crop rotation, fourth crop after fallow) in the experimental fields of the Siberian Research Institute of Ag- riculture located in the southern forest-steppe area of Omsk Province. Breed- ing-oriented study of the material was based on the methods of the State Vari- ety Trials. Disease resistance assessment and biochemical grain analysis were performed. Analysis of variance was used in mathematical processing, and the parameters of stability, plasticity and homeostaticity were calculated. **Results.** The spring barley cultivar 'Omsky 100' was developed in 1998 through hybridi- zation ('Medicum 4365' × 'Medicum 4549'), followed by individual selection. The cultivar 'Omsky 100' belongs to the forest-steppe environmental group of varieties characterized by high resistance to lodging, low susceptibility to false loose smut, medium to loose smut, and high to covered smut. On average. in 2011–2015 'Omsky 100' demonstrated lower protein content (12.8%, "–"0.5% st.), grain-unit level of 634 g/l, ("+"44 g/l st.), and grain hull content of 8.5% ("–"0.2% st.). In other biochemical parameters, such as extract efficiency (80.6%), hull percentage (8.5%) and 1000 grain weight (53.3 g), 'Omsky 100' complied with the State Standard's requirements for malting barley. In terms of produc- tivity, 'Omsky 100' is among high-yielding cultivars in the environments of West Siberia (4.5 t/ha, "+"0.4 t/ha st.). It is responsive to improvement of cultivation conditions (regression coefficient = 2.3; multiplier coefficient = 2.6) and is able to combine high potential yield with its minimal decrease in adverse cultivation environments (homeostaticity = 0.4). **Conclusions.** The variety meets the re- quirements of the State Standard for malting barley, and is recommended for use in brewing industry.

Введение

Ячмень относится к наиболее важным зерновым культурам благодаря своим огромным приспособительным возможностям, высокой урожайности и разностороннему использованию. В России лишь 8% производимого зерна ячменя расходуется на приготовление пива (Anisimov et al., 2010; Kalashnikov et al., 2005; guidelines, 2000; Nelevic et al., 1981; Surin et al., 1993). Основные параметры пивоваренного ячменя изложены в ГОСТ 5060-86 (Anisimov et al., 2010) и ГОСТ 29294-92 (Instruction on process control..., 1967), в которых к сортам пивоваренного ячменя предъявляются жесткие требования. Зерна должны быть крупными и выравненными (масса 1000 зерен 40 г и выше), иметь пленчатость не выше 9%. Слишком высокое содержание белка (свыше 13%) в зерне ячменя делает его малоприспособленным для пивоварения: ухудшается вкус пива и уменьшается его выход. Хороший пивоваренный ячмень содержит 9–11% белка. Выход пива тем больше, чем больше в зерне крахмала, от количества которого зависит экстрактивность солода, т. е. способность отдавать в раствор сухое вещество. Она должна составлять 78–84%. Более 80% пивоваренного ячменя выращивается из семян сортов зарубежной селекции. Как правило, они обладают хорошими технологическими характеристиками, отвечающими требованиям современного пивоваренного производства. Однако при выращивании иностранных сортов в условиях Западной Сибири показатели произведенного из них солода и пива зачастую не достигают заявленных характеристик (Guidelines, 2000). Известно, что пивоваренный ячмень гарантированно можно получить лишь в зонах, где из года в год складываются благоприятные гидротермические условия для формирования низкобелкового зерна. Но в отдельные годы благоприятная обстановка может сложиться также в зонах, не входящих в список районов заготовок пивоварен-

ного ячменя, к которым относится и Западная Сибирь. Более полное использование гидротермических ресурсов таких зон может быть реализовано лишь на основе создания и возделывания пивоваренных сортов местной селекции. В 2016 г. Государственным Реестром селекционных достижений в Западной Сибири допущено к использованию 33 сорта ячменя, из них 11 относятся к пивоваренным. Наибольший вклад в формирование сортовых ресурсов ярового ячменя внесли сибирские селекционеры. Они создали 23 сорта (70%), из них 7 пивоваренных. В том числе в Сибирском НИИ сельского хозяйства создано 2 сорта ячменя: ‘Омский 90’ (медикум, пивоваренный, ценный, 2000 г.), ‘Омский 91’ (нутанс, пивоваренный, ценный, 2004 г.); Алтайском НИИ земледелия и селекции сельскохозяйственных культур – 2 сорта: ‘Ворсинский’ (двурядный, пивоваренный, ценный, 2001 г.), ‘Сигнал’ (пивоваренный, ценный, 1997 г.); Сибирском НИИ растениеводства и селекции: ‘Ача’ (пивоваренный, ценный, двурядный, 1997 г.); Кемеровском НИИ сельского хозяйства: ‘Никита’ (двурядный, пивоваренный, ценный, 2004 г.), Челябинский НИИ сельского хозяйства – ‘Челябинский 99’ (пивоваренный, 2002 г.). Также Государственным Реестром допущено к использованию 3 пивоваренных сорта инорайонной селекции: Германия – ‘Беатрис’ (пивоваренный, ценный, 2008 г.); Украина – ‘Одесский 100’ (пивоваренный, ценный, 1984 г.); Ставропольский НИИ сельского хозяйства – ‘Гетьман’ (пивоваренный, 2005 г.); (Public register..., 2016). Пивоваренные сорта занимают достаточно большую площадь посева, но для приготовления пива используется зерно ячменя местного производства в недостаточном количестве. Большая часть по-прежнему завозится из европейской части России и других стран.

В настоящее время необходимость создания местной сырьевой базы для пивоваренной промышленности определяется экономическими предпосылками, поскольку огромные средства уходят за

пределы Сибири. Цель настоящего исследования – охарактеризовать новый пивоваренный сорт ярового ячменя ‘Омский 100’ по качеству зерна, урожайности и устойчивости к комплексу болезням.

Материалы и методы

Экспериментальная часть работы проводилась на опытных полях Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ФГБНУ СибНИИСХ). Проведение исследований сопровождалось постановкой полевых опытов на селекционном стационаре лаборатории селекции ячменя (третий селекционный севооборот, четвертая культура после пара). Селекционная проработка материал велась на основе Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Fedin,

1985). Оценку на устойчивость к болезням определяли в лаборатории иммунитета, биохимический анализ зерна проводили в лаборатории генетики, биохимии и физиологии растений. Объектом исследований, результаты которых представлены в данной статье, являлся новый перспективный пивоваренный сорт ярового ячменя ‘Омский 100’.

Математическая обработка проведена методом дисперсионного анализа (Dospikhov, 1985), рассчитаны параметры стабильности, пластичности и гомеостатичности (Dragavcev, 1984; Nettevich, 1985; Hangil'din, 1977; Eberhart et al., 1966).

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований с 2011 по 2015 гг. сложились контрастные условия, рисунок 1.

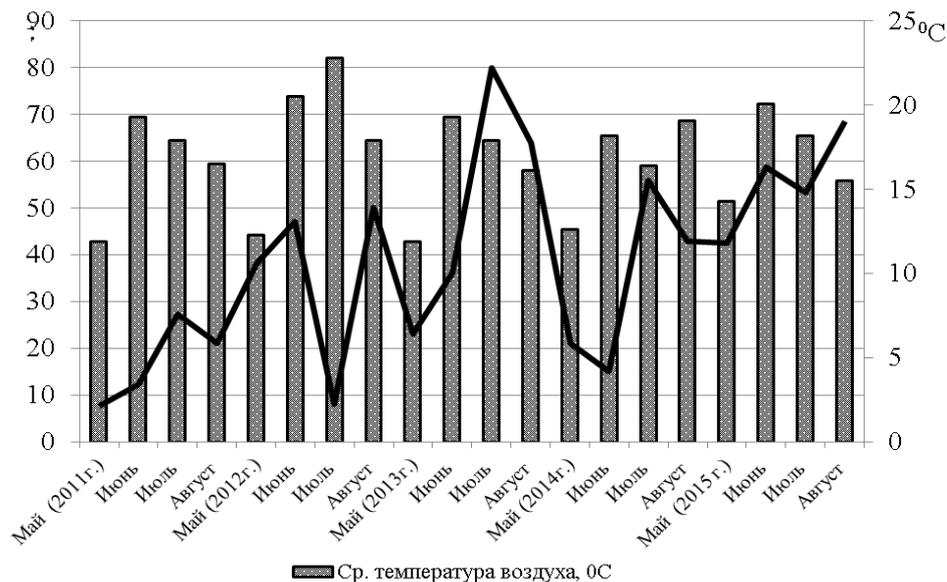


Рис. 1 Характеристика периодов вегетации 2011–2015 гг., (Омская ГМОС)
Fig. 1. Characteristics of growing seasons in 2011–2015, (Omsk Weather Station)

Периоды вегетации 2011 и 2014 гг. характеризуются засушливыми условиями (ГТК 0,90–0,92), очень сухими в период вегетации 2012 г. (ГТК 0,69), сухими и холодными в 2015 г. (0,70). Достаточным увлажнением отличался период ве-

гетации 2013 года (ГТК = 0,99). Средне-многолетнее значение ГТК составляет 0,82, что означает засушливые условия. Западная Сибирь традиционно считается зоной рискованного земледелия. Типично континентальный климат южной

части Западной Сибири с коротким вегетационным периодом, поздним прекращением заморозков весной и ранним наступлением их осенью, проявлением региональных типов засух и ливневых осадков обуславливают необходимость внедрения в производство сортов зерновых, выносливых к экстремальным условиям возделывания. Период формирования зерновки овса (третья декада июля – август) характеризовался недобором количества осадков в 2011, 2012, 2014 гг., а также в июле 2015 г. ($13 \div 95$ % к норме), что, несомненно, отразилось на качестве зерна. На этом фоне наблюдается превышение средних температур воздуха в июле 2011 г., июле – августе 2012 г., августе 2014 г. ($+0,4 \div +3,2^\circ\text{C}$) и недобор их в августе 2011 г., в июле 2013, 2014 гг. ($-0,6 \div -3,4^\circ\text{C}$).

Объектом исследований выступал новый перспективный сорт ярового ячменя пивоваренного направления ‘Омский 100’ (‘Медикум 4747’), переданный на ГСИ в 2015 г. В качестве стандарта использован сорт ‘Омский 95’ (Тогузак \times Омский 88). Разновидность нутанс, относится к степной экологической группе, засухоустойчив, среднеспелый, вегетационный период 79–90 дней. Сорт также характеризуется высокой устойчивостью к полеганию, слабой восприимчивостью к каменной и черной головне и средней восприимчивостью к пыльной головне. Рекомендуются к использованию на кормовые цели, а также, благодаря крупности зерна, в крупяной промышленности. Сорт включен в Госреестр по Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам. Патент № 3102, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 26.04.2006 г. Сорт рекомендован для возделывания во всех зонах Западной Сибири. В качестве примера для сравнения приведены данные последнего переданного на ГСИ (2014 г.) сорта ‘Подарок Сибири’ (‘Медикум 4712’). Сорт характеризуется белковостью зерна на уровне $13,5\%$ ($+0,3\%$ st.), а также содержанием

крахмала и сырого жира на уровне стандарта ($55,2$ и $2,2\%$ соответственно).

Результаты и обсуждение

Яровой ячмень ‘Омский 100’ (‘Медикум 4747’) выведен в ФГБНУ СибНИИСХ путем гибридизации сортов (Медикум 4365 \times Медикум 4549) с последующим индивидуальным отбором (рис. 2). Большое значение в селекционной работе имеют образцы мировой коллекции ВИР (Loskutov, 2012), которые и были использованы в качестве исходного материала, что отражено на рисунке 2. Скрещивание сортов проведено в 1998 году, в 1998 – размножение в теплице, в 1999 – размножение в СП-1. В гибридном питомнике в 2000 г. проведен отбор элитного растения, которое было высеяно в 2001 году в СП-1. В полевых условиях эта линия изучалась в СП-II – 2002 г. и КП – 2003 г.

С 2004 по 2015 г. ‘Медикум 4747’ проходил испытание в КСИ. Сорт ячменя ‘Омский 100’ относится к разновидности медикум. Куст полупрямостоячий. Толщина и прочность стебля средние. Лист средней ширины – промежуточный (табл. 1). Влагалища нижних листьев без опушения. Антоциановая окраска ушек имеется, очень слабая. Встречаемость растений с наклоненным флаговым листом низкая. Восковой налет на влагалище слабый. Окраска стеблевых узлов коричневая. Ушки серповидные, светлые. Язычок обыкновенный. Колос цилиндрический, двурядный, соломенно-желтый, рыхлый, средней длины, прямостоячий. Переход цветочной чешуи в ость постепенный. Нервация цветочной чешуи слабо выражена. Ости длинные, расположены параллельно колосу, гладкие, легко осыпавшиеся при созревании, желтые. Первый сегмент колосового стержня со слабым изгибом. На среднем колоске длина колосовой чешуи и ости равна зерновке. Зерно желтое, пленчатое, полу-удлиненное, крупное. Масса 1000 зерен, в среднем, составляет 52–54 г. Сыпучесть зерна при посеве хорошая.

Табл. 1. Морфологическое описание пивоваренного сорта ярового ячменя ‘Омский 100’
Tabl. 1. Morphological description of the malting spring barley cultivar ‘Omsky 100’

Признак	Характеристика
Растение: тип куста	Полупрямостоячий
Нижние листья: опушение листовых влагалищ	Отсутствует
Флаговый лист: антоциановая окраска ушек	Имеется
Флаговый лист :интенсивность антоциановой окраски ушек	Слабая
Флаговый лист: встречаемость растений с наклоненным флаговым листом	Низкая
Флаговый лист: восковой налет на влагалище	Слабый
Время колошения	Среднее
Ости: антоциановая окраска кончиков	Имеется
Ости: интенсивность антоциановой окраски кончиков	Средняя
Колос: восковой налет	Средний
Колос: положение	Прямостоячий
Растение: длина	Средняя
Колос: количество рядков	Два
Колос: форма	Цилиндрический
Колос: плотность	Рыхлый
Колос: длина (исключая ости)	Средняя
Ости: длина по сравнению с колосом	Длинные
Ости: зазубренность краев	Отсутствует
Стержень колоса: длина первого сегмента	Короткий
Стержень колоса: изгиб первого сегмента	Слабый
Средний колосок: длина колосковой чешуи и ости по отношению к зерновке	Равна
Зерновка: тип опушения основной щетинки	Волосистая, длинный
Зерновка: пленчатость	Имеется
Зерновка: опушение брюшной бороздки	Отсутствует
Зерновка: расположение лодикул	Охватывающее
Зерновка: окраска алейронового слоя	Белая
Тип развития	Яровой

Сорт ‘Омский 100’ относится к лесостепной экологической группе сортов, характеризуется высокой устойчивостью к полеганию, среднерослый (64–80 см), соломина прочная, засухоустойчив. Сорт среднеспелый, период вегетации, в среднем, составила 81–89 дней, что на уровне стандарта ‘Омский 95’ и на 5 дней больше, чем у сорта ‘Подарок Сибири’. За годы испытания на искусственном инфекционном фоне сорт, в целом, характеризовался слабой восприимчивостью к черной головне, средней – к пыльной головне и сильной – к каменной головне, но отличался более высокой устойчивостью к этим заболеваниям в

сравнении со стандартным сортом ‘Омский 95’. Биохимический анализ зерна ячменя образцов КСИ свидетельствует, что, в среднем, за 2011–2015 гг., новый сорт ‘Омский 100’ имел пониженное содержание белка – 12,8%, что на 0,5% ниже, чем у пивоваренного сорта ‘Омский 90’ (13,3%), и на 1,1% меньше, чем у пивоваренного сорта ‘Беатрис’ (13,9%). Натура зерна исследуемого сорта, в среднем, составила 634 г/л, («+»44 г/л st.), пленчатость зерна 8,5% («→»0,2% к стандарту и «←»0,9% к последнему переданному в ГСИ сорту ‘Подарок Сибири’).

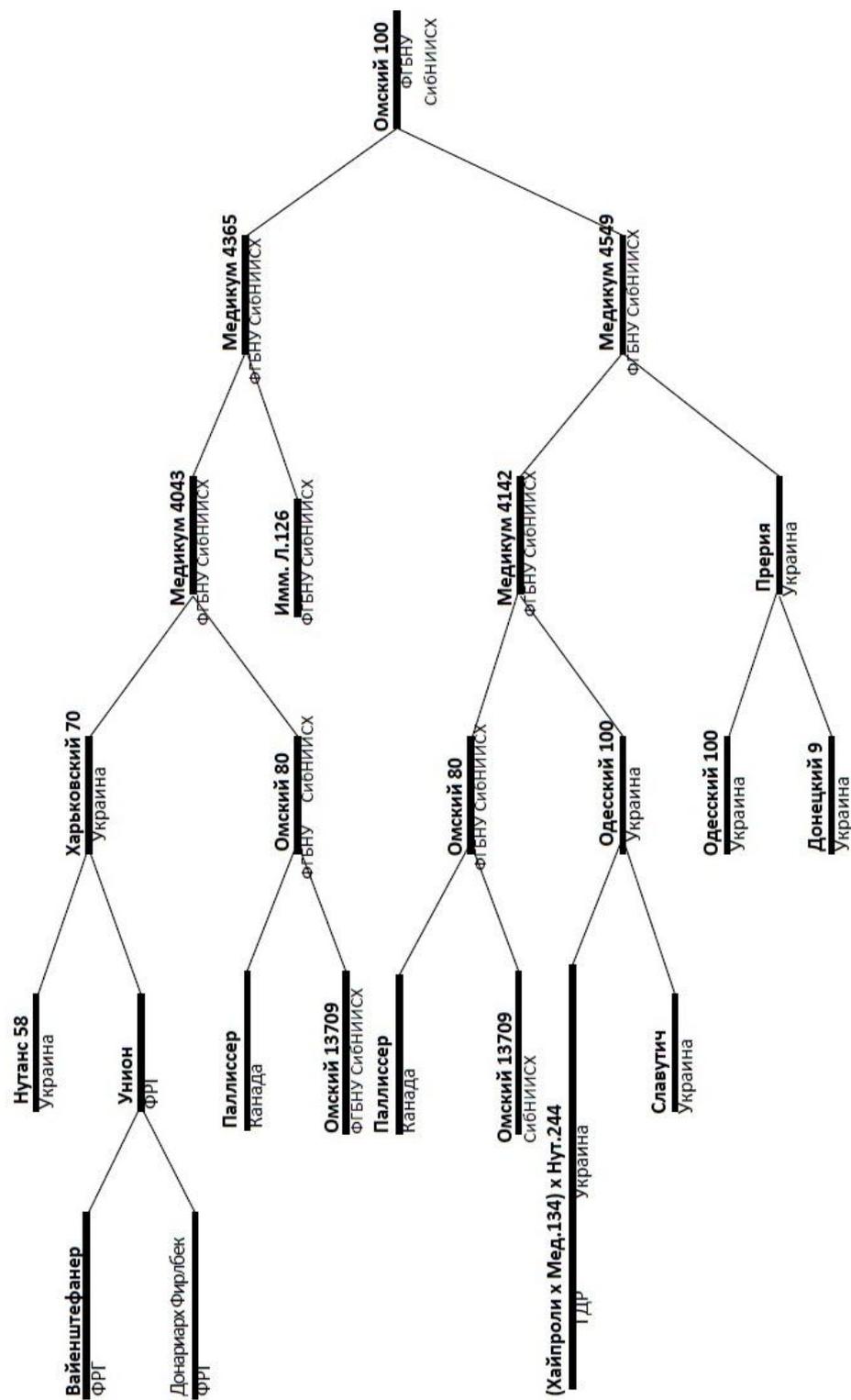


Рис. 2 Родословная сорта ярового ячменя 'Омский 100'
 Fig. 2. Pedigree of the spring barley cultivar 'Omsky 100'

По другим биохимическим показателям – экстрактивности (80,6%), пленчатости (8,5%) и массе 1000 зерен (53,3 г) – сорт ‘Омский 100’ соответствует требованиям ГОСТа на пивоваренный ячмень и рекомендуется для использования в пивоваренной промышленности. По продуктивности сорт ‘Омский 100’ относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири.

Максимальная урожайность была получена в КСИ СибНИИСХ в 2015 г. – 6,6 т/га, прибавка к стандартному сорту Омский 95 составила 0,8 т/га. В среднем, за 5 лет испытаний (2011–2015 гг.) при урожайности 4,5 т/га прибавка к стандартному сорту ‘Омский 95’ составила 0,4 т/га, к ранее переданному сорту ‘Подарок Сибири’ – 0,2 т/га (табл. 2).

Табл. 2. Урожайность ярового среднеспелого пивоваренного сорта ‘Омский 100’, т/га

Table 2. Yield of the middle-ripening malting spring barley cv. ‘Omsky 100’, t/ha

Сорт	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	\bar{X}	$\pm st.$
Омский 95, st.	5,3	2,2	3,4	3,6	5,8	4,1	–
Омский 100	5,8	2,8	3,5	3,9	6,6	4,5	+0,4
Подарок Сибири	5,8	1,8	3,4	4,3	6,3	4,3	+0,2
НСР ₀₅	0,11	0,12	0,10	0,11	0,13	–	–

\bar{X} – средние значения
st. – стандарт

В резко-континентальных условиях Западной Сибири очень важно обращать внимание на создание сортов, наиболее адаптированных к условиям выращивания. Вновь созданный сорт может быть допущен к использованию в производстве только при условии, если он способен формировать более высокие и стабильные урожаи, чем лучшие в этой зоне сорта данной культуры. Поэтому изучение и оценка экологической пластичности сортов, сферы их применения и адаптации к конкретным природно-климатическим ситуациям является важной задачей современного сельхозпроизводства. Оценка экологической пластичности сортов и гибридов проводят с использованием математических методов, позволяющих получить индивидуальную характеристику по этому показателю в различные годы.

Метод S. A. Eberhart, W. A. Russell (Eberhart et al., 1966) позволяет оценить сорта по их отзывчивости на условия выращивания путем определения коэффициента регрессии (b_i) и дисперсии стабильности (σ^2_d). Считается, что чем выше единицы коэффициент регрессии, тем сильнее отзывчивость сорта на улучшение условий выращивания. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротех-

ники, так как только в этом случае они дадут максимум отдачи. В случае, когда коэффициент регрессии меньше, сорта показывают лучшие результаты в неблагоприятных условиях выращивания. Из изучаемых сортов наиболее отзывчивыми на улучшение условий оказались сорта ‘Подарок Сибири’, ‘Омский 100’, ‘Омский 95’ (при повышении среднего уровня урожайности на 1,0 т/га они увеличивали свою на 1,5; 1,3; 1,2 т/га, соответственно, таблица 3). Наименее отзывчив на улучшение условий выращивания ‘Омский 91’ (с повышением среднего уровня урожайности на 1,0 т/га он увеличил свою только на 0,9 т/га). По уровню стабильности сорта расположились следующим образом: ‘Омский 91’, ‘Омский 95’, ‘Омский 100’, ‘Подарок Сибири’ ($\sigma^2_d = 0,7; 1,9; 2,3; 3,3$, соответственно).

Коэффициент мультипликативности (KM) характеризует приспособленность сортов к тем или иным условиям обитания (Dragavcev, 1984). Чем выше числовое значение этого коэффициента, тем выше их отзывчивость на улучшение условий среды. Таким требованиям удовлетворяют сорта ‘Подарок Сибири’, ‘Омский 100’, ‘Омский 95’. Лимитирующим фактором урожайности является не потенциальная продуктивность, а устойчивость к

неблагоприятным условиям внешней среды, т. е. гомеостатичность (Hangil'din, 1977). Чем выше значение этого параметра, тем стабильнее сорт. У изученных сортов этот показатель был одинаков, что указывает на их способность сочетать высокую потенциальную урожайность с минимальным ее снижением в неблагоприятных условиях выращивания.

Табл. 3. Оценка адаптивной способности, стабильности и гомеостатичности ярового пивоваренного сорта ячменя 'Омский 100'
Tabl. 3. Assessment of adaptability, stability and homeostaticity in the malting spring barley cv. 'Omsky 100'

Сорт	bi	σ^2d	КМ	Ном	ПУСС
Омский 95, st.	1,2	1,9	2,4	0,4	165,2
Омский 100	1,3	2,3	2,6	0,4	225,0
Подарок Сибири	1,5	3,3	2,7	0,4	227,7
Омский 91	0,9	0,7	1,8	0,4	100,0
Sx	0,1	0,4	0,1	0,1	30,2

bi – коэффициент регрессии

σ^2d – варианса стабильности

КМ – коэффициент мультипликативности

Ном – гомеостатичность

ПУСС – показатель уровня и стабильности сорта

Из показателей стабильности более наглядную информацию дает показатель уровня и стабильности сорта (ПУСС), являющийся комплексным, поскольку позволяет одновременно учитывать уровень и стабильность урожайности и характеризует способность отзываться на улучшение условий выращивания, а при их ухудшении поддерживать достаточно высокий уровень продуктивности. Этот показатель рассчитывают по данным средней урожайности сортов за годы испытания, коэффициенту вариации урожайности и относительной урожайности сорта, выраженной в процентах к стандарту. В соответствии с этим подходом более урожайными и стабильными являются сорта 'Подарок Сибири', 'Омский 100', 'Омский 95' (ПУСС = 227; 225; 155, соответственно).

Выводы

1. Пивоваренный сорт ярового ячменя 'Омский 100' относится к высокоурожайным сортам. Максимальная урожайность получена в 2015 г. – 6,6 т/га, прибавка к стандартному сорту 'Омский 95' составила 0,8 т/га.

2. Содержание белка в зерне сорта 'Омский 100', в среднем, 12,8%. По дру-

гим биохимическим показателям – экстрактивности (80,6%), пленчатости (8,5%) и массе 1000 зерен (53,3 г) – сорт соответствует требованиям ГОСТа на пивоваренный ячмень и рекомендуется для использования в пивоваренной промышленности.

3. На искусственном инфекционном фоне сорт ячменя 'Омский 100', в целом, характеризуется слабой восприимчивостью к черной головне и средней восприимчивостью к пыльной головне. Отличается более высокой устойчивостью к этим заболеваниям в сравнении со стандартным сортом 'Омский 95'.

4. Оценка хозяйственно-биологических и морфологических признаков и свойств новых сортов ячменя с учетом их адаптивной реакции показала, что сорт 'Омский 100' имеет практический интерес для выращивания пивоваренного зерна в условиях Западно-Сибирского региона и рекомендуется для испытания в 10-м регионе. На основе изучения экспериментального материала из использованных методов оценки адаптивности следует обратить особое внимание на показатель стабильности сортов и коэффициент мультипликативности.

References/Литература

- Anis'kov N. I., Popolzukhin P. V. Spring barley in Western Siberia (Breeding, seed production, varieties): Monograph. Omsk: Variant-Omsk, 2010, 338 p. [in Russian] (Аниськов Н. И., Поползухин П. В. Яровой ячмень в Западной Сибири (Селекция, семеноводство, сорта): Монография. Омск: Вариант-Омск, 2010. 338 с.).
- Dospekhov B. A. Methods of field experience. Moscow: Agropromizdat, 1985, 352 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.).
- Dragavtsev V. A., Cil'ke V. A., Reiter B. G. the Genetics of performance traits of spring wheat in Western Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1984, 229 p. [in Russian] (Драгавцев В. А., Цильке В. А., Рейтер Б. Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. 229 с.).
- Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. sci. 1966, vol. 6, no. 1, pp. 36–40.
- Fedin M. A. Methodology of state variety testing of agricultural crops. The common part. Moscow, 1985, 250 p. [in Russian] (Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. М., 1985. 250 с.).
- Hangil'din V. V., Asfondiyarova R. R. Manifestation of homeostasis in hybrids of *Pisum sativum* // Biological Sciences, 1977, no. 1, pp. 116–121 [in Russian] (Хангильдин В. В., Асфондиярова Р. Р. Проявление гомеостаза у гибридов гороха посевного // Биологические науки. 1977. № 1. С. 116–121).
- Kalashnikov N. A., Kozlov G. Y., Anisimov N. I. Genetics of productivity and grain quality of malting barley in the conditions of the Middle Irtysh region. Novosibirsk, 2005, 132 p. [in Russian] (Калашников Н. А., Козлова Г. Я., Анисимов Н. И. Генетика продуктивности и качества зерна пивоваренного ячменя в условиях Среднего Прииртышья. Новосибирск, 2005. 132 с.).
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Methodological guidance directory for studying and maintaining VIR's collections of barley and oat. St. Petersburg: VIR, 2012, 63 pp. [in Russian] (Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 63 с.).
- Malting barley in Western Siberia: method. recommendations / Ministry of agriculture of the Russian Federation of agriculture. Siberian research Institute of agriculture and chemicalization. Altai research Institute of agriculture and crop breeding. Novosibirsk, 2000, 52 p. [in Russian] (Ливоваренный ячмень в Западной Сибири: метод. рекомендации / МСХ РФ АПК. СибНИИЗХим. АНИИЗиС. Новосибирск, 2000. 52 с.).
- Manual for technological control in beer brewing. M.: Publishing house "Food industry", 1967, 234 p. [in Russian] (Инструкция по технологическому контролю пивоваренного производства. М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1967. 234 с.).
- Nettevich E. D., Anikanova Z. F., Romanova, L. M., the Cultivation of malting barley. Moscow: Kolos, 1981, 204 p. [in Russian] (Неттевич Э. Д., Аниканова З. Ф., Романова Л. М. Выращивание пивоваренного ячменя. М.: Колос, 1981. 204 с.).
- Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. improving the efficiency of selection of spring wheat on the stability, yield and grain quality // Bulletin of agricultural science, 1985, no. 1, pp. 66–73 [in Russian] (Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73).
- Surin N. A. Improvement of adaptive qualities of barley, using traditional and modern methods of breeding // Breeding of crops for high genetic potential, yield and quality: materials of the international scientific-practical conference. Tyumen, 2012, pp. 30–40 [in Russian] (Сурин Н. А. Совершенствование адаптивных свойств ячменя с использованием стародавних и современных методов селекции // Селекция сельскохозяйственных культур на высокий генетический потенциал, урожай и качество: Материалы международной научно-практической конференции. Тюмень, 2012. С. 30–40).
- Surin N. A., Lyakhov N. E. Selection of barley in Siberia. Novosibirsk, 1993, 292 p. [in Russian] (Сурин Н. А., Ляхов Н. Е. Селекция ячменя в Сибири. Новосибирск, 1993. 292 с.).
- The state register of selection achievements, admitted to use: varieties of plants Ministry of agriculture of the Russian Federation. FGU "State Commission of the Russian Federation". Moscow, 2016, 160 p. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: сорта растений / МСХ РФ. ФГУ «Государственная комиссия РФ». М., 2016. 160 р.).

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-100-118

УДК 634.723.1:581.162.
41:631.526.325

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

О. А. Гаврилова¹, О. А. Тихонова²

¹Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, Россия, 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2,

e-mail: gavriloa@binran.ru

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

o.tikhonova@vir.nw.ru

Поступление: 09.10.2017

Ключевые слова:

Ribes, пыльца, морфология, фертильность, жизнеспособность

Поступление:

09.10.2017

Принято:

17.11.2017

К РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ В СЕМЕЙСТВЕ GROSSULARIACEAE

Актуальность исследования обусловлена необходимостью понимания морфо-биологических процессов формирования мужских генеративных структур, поскольку от этих показателей, в особенности от качества пыльцы (фертильности и жизнеспособности), зависит продуктивность растений. **Материалы и методы.** Исследования проводили на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», в лаборатории палинологии и Центре Коллективного пользования БИН РАН. Объектами исследования служили аллотетраплоидные смородинно-крыжовниковые гибриды: 'Jošta', 'Kroma', В 1323/3, 3231; отдаленные межвидовые и межподродовые гибриды: *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; 046 *Petroc* 69; 048 *Petjancz* 33; триплоид 'Длиннокистная ЦГЛ' и комплексные гибриды 'Гамма', 'Кипиана' и 'Чершнева', имеющие статус сортов. Фертильность пыльцевых зерен изучали с помощью традиционного ацетокарминового метода; жизнеспособность пыльцы оценивали путем проращивания на жидкой питательной среде. Морфологические исследования проводили с помощью светового, конфокального лазерного сканирующего и сканирующего электронного микроскопов. **Результаты и выводы.** Проведенные исследования позволили установить, что пыльцевые зерна всех изученных генотипов, за исключением триплоида 'Длиннокистная ЦГЛ', сфероидальные, средних размеров, главным образом, от 22 до 42 мкм в диаметре, имеют сложные апертуры; апертуры состоят из эндоапертур – пор в количестве от 4 до 12 и эктоапертурных областей различной формы. Выявлено, что изученные отдаленные гибриды семейства Grossulariaceae, за исключением триплоидного образца 'Длиннокистная ЦГЛ', обладают высоким уровнем фертильности. Высокая фертильность чаще всего присуща образцам с одноразмерными, одинаковыми, правильной формы пыльцевыми зернами. У образцов с неравномерной пылью фертильность ниже или существенно ниже. Стерильными являются мелкие (в 2–3 раза мельче обычных) пыльцевые зерна и зерна с аномальным бородавчатым строением спородермы. Выявлена положительная корреляция между диаметром пыльцевого зерна и фертильностью ($r = 0,77$). Умеренная положительная корреляция ($r = 0,56$) существует между диаметром пор и фертильностью.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-100-118

ORIGINAL ARTICLE

O. A. Gavrilova¹, O. A.
Tikhonova²

¹V. L. Komarov Botanical Institute
of the RAS,
2 Professora Popova St., St. Peters-
burg, 197376, Russia,
e-mail: gavrilova@binran.ru

²N. I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42–44 Bolshaya Morskaya St. St.
Petersburg, 190000, Russia,
e-mail: o.tikhonova@vir.nw.ru

Key words:

Ribes, pollen, morphology, fer-
tility, viability

Received:

09.10.2017

Accepted:

17.11.2017

ON REPRODUCTIVE BIOLOGY OF DISTANT HYBRIDS IN THE GROSSULARIACEAE FAMILY

Background. The relevance of the study is underpinned by the need to understand morphological and biological processes of male generative structure formation, because plant productivity depends on pollen quality (fertility and viability). **Materials and methods.** The research was carried out at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, the Palynology Laboratory and the Core Centrum of the Komarov Institute. The objects of the research were the allotetraploid currant-gooseberry hybrids: 'Jošta', 'Kroma', B 1323/3 and 3231; distant interspecific and intersubspecific hybrids: *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; 046 *Pet-roc* 69; 048 *Petjancz* 33; triploid 'Dlinnokistnaya CGL' and complex hybrids: 'Gamma', 'Kipiana' and 'Chereshneva' having the status of varieties. Fertility and pollen viability were evaluated by traditional methods. Morphological studies were carried out using light, confocal laser scanning and scanning electron microscopes. **Results and conclusions.** Pollen grains of all the studied genotypes, except the triploid 'Dlinnokistnaya CGL', are spheroidal, medium-sized, mainly from 22 to 42 mkm in diameter, with compound apertures. The apertures consist of round endoapertures/pores (from 4 to 12 per one grain) and ectoapertures of various shapes. High fertility level was observed in all the studied hybrids, except the triploid 'Dlinnokistnaya CGL'. High fertility was most often detected in samples with one-dimensional and regular-shaped pollen grains. The samples with variously sized pollen grains were characterized by low or substantially low fertility. Pollen grains 2–3 times smaller than the normal ones and grains with an abnormal verrucate sporoderm structure were sterile. A positive correlation was found between pollen grain diameter and fertility ($r = 0.77$). A moderate positive correlation ($r = 0.56$) existed between pore diameter and fertility.

Введение

Формирование качественной пыльцы является важнейшим фактором, обеспечивающим нормальное оплодотворение и дальнейшее развитие семян (Buglova, 2015). Фертильность и жизнеспособность пыльцы плодовых культур напрямую связаны с продуктивностью растений. Кроме того, от качества пыльцы во многом зависит и эффективность селекционной работы.

По качеству пыльцевых зерен как одному из признаков можно производить отбор наиболее урожайных форм (Yandovka, 2010).

Известно, что подавляющее большинство современных сортов смородины и крыжовника самофертильны и имеют нормально развитую пыльцу с высокой оплодотворяющей способностью (Buchonov et al., 2015; Кеер, 1981; Tikhonova, 2015; Shchekochikhina, 2008).

Характерной особенностью отдаленных гибридов плодовых и ягодных культур, напротив, является их пониженная фертильность. По сведениям Е. Кип (Кеер, 1981) аллотетраплоиды отличаются по фертильности в соответствии со степенью близости родительских видов. У тетраплоидов от фертильных внутрисекционных гибридов фертильность сильно снижена, но тетраплоидные формы стерильных межсекционных гибридов обычно обладают хорошей фертильностью. Исследованиями И. Э. Бученкова (Buchonov, 1998), И. Э. Бученкова, О. С. Рышкель и др., (Buchonov et al., 2015) показано, что при переводе диплоидных сортов на тетраплоидный уровень фертильность снижается, в среднем, у черной смородины в 2,30 раза; у крыжовника – в 1,36 раза. М. Л. Дубровским (Dubrovskii, 2011) выявлено, что жизнеспособность пыльцы тетраплоидных генотипов смородины снижена по сравнению с соответствующими исходными диплоидными формами – в условиях *in vitro* у смородины американской в 11,1 – 14,3 раза, у смородины красной – в 1,6 раза. Е. В. Ульяновской, В. В. Ковалевой и др. (Ul'yanovskaya et al., 2012)

приводятся данные о том, что пыльца триплоидных сортов прорастает либо единичными пыльцевыми трубками, либо не прорастает совсем. По мнению М. Л. Дубровского, А. С. Лыжина и др. (Dubrovskii et al., 2013) пыльца с любым другим набором хромосом, кроме гаплоидного и диплоидного, отличается сниженной жизнеспособностью и не приводит к оплодотворению. Авторы пришли к выводу, что чем большее количество формируется однородной гаплоидной пыльцы, тем выше ее физиологическое качество и потенциальная оплодотворяющая способность. Этими же авторами было показано, что морфологическая разнокачественность и разноразмерность пыльцы смородин американской и красной происходит в результате нарушений микроспорогенеза.

Рядом исследователей (Nikitin, 2007; Yandovka, 2012) выявлено, что процент нетипичной и нежизнеспособной пыльцы у гибридов выше, чем у «чистых» видов и может достигать 99%.

В связи с использованием тетраплоидных форм в селекции, цитозембриологические исследования генеративных структур приобретают все большую практическую значимость. Знание особенностей этого процесса у каждой тетраплоидной формы необходимо для их оценки как доноров гаплоидных гамет, для правильной постановки генетико-селекционных работ, рационального подбора исходных форм для гибридизации, выбора конкретных сроков и нужного объема скрещиваний. В свою очередь, это позволит в определенной мере прогнозировать предполагаемые результаты селекционной работы (Sedyshcheva, Gorbacheva, 2010).

Генофонд черной смородины научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» содержит ряд отдаленных межродовых, межвидовых и межподвидовых/межсекционных гибридов, обладающих селекционно значимыми признаками. Вопросы биологии пыльцы этих гибридов не изучены. В связи с этим нами было проведено определение

уровня фертильности, жизнеспособности, а также изучены особенности морфологического строения пыльцы указанных гибридов и ряда сортов со сложным гибридным происхождением. При этом в задачу нашего исследования входило определение возможности использования данных гибридов в селекционном процессе.

Материал и методика

Исследования проводили на коллекции черной смородины научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», лаборатории палинологии и Центре Коллективного пользования научным оборудованием «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» БИН РАН в 2016–2017 гг. Объектами исследования служили аллотетраплоидные смородинно-крыжовниковые гибриды: 'Jošta', 'Kroma', В 1323/3 и 3231 и отдаленные межвидовые и межподродовые (межсекционные) гибриды: *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; 046 *Petroc* 69; 048 *Petjancz* 33 и триплоид 'Длиннокистная ЦГЛ'. В 2017 г. в изучение были включены сорта 'Гамма', 'Кипиана' и 'Черешнева', являющиеся сложными комплексными гибридами. Подробные сведения о генетическом и эколого-географическом происхождении указанных образцов приведены в разделе «Результаты и обсуждение»

Бутоны для исследования качества пыльцы собирали в сухую ясную погоду во время массового цветения растений.

Морфологию пыльцы изучали в лаборатории палинологии БИН РАН. Для исследования с помощью светового микроскопа пыльцевые зерна обрабатывали по стандартному ацетолитному методу (Erdtman, 1952). Исследования на конфокальном лазерном сканирующем LSM-780 и сканирующем электронном микроскопах JEOL JSM – 6390 проводили в Центре Коллективного пользования БИН РАН; микроскопические исследования – в лаборатории палинологии БИН

РАН с помощью светооптического микроскопа Микмед-6 при увеличениях 20 x 10 и 40 x 10 и 100 x 10. При исследовании на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе использовали методику Гавриловой (Gavrilova, 2014). Фертильность пыльцевых зерен изучали с помощью традиционного ацетокарминового метода. Для определения процента фертильных и стерильных пыльцевых зерен проводили подсчет числа зерен не менее, чем в 10 полях зрения. Жизнеспособность пыльцы оценивали путем ее проращивания в 15% растворе сахарозы при температуре 25°C. Жизнеспособной считали пыльцу, размер пыльцевой трубки которой через 24 часа превышал диаметр пыльцевого зерна (Pausheva, 1988).

При изучении качества пыльцы, следуя рекомендациям В. Р. Челак (Chelak, 1989), придерживались разделения понятий «фертильность» и «жизнеспособность». Фертильность рассматривали как потенциальную жизнеспособность.

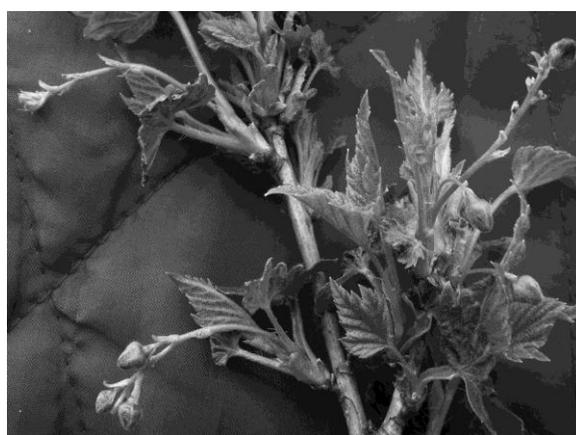
Погодные условия. Развитие пыльцевых зерен считается одним из онтогенетических процессов, наиболее чувствительных к любым изменениям внешних условий и особенно температур (Koteeva et al., 2015). Работами Глуховой Н. А., Понуренко С. С. и др. (Hlukhova et al., 2016) показано, что форма и морфологические особенности пыльцы рапса зависят от условий увлажнения. Исследованиями Т. С. Николаевской, Л. В. Ветчинниковой и др. (Nikolaevskaya et al., 2009) выявлено, что качество мужского гаметофита берез зависит не только от генотипических особенностей видов, но и довольно жестко связано с колебаниями погодно-климатических характеристик (температура, влажность) в регионе произрастания растений.

Погодные условия вегетационного периода 2016 г., предшествующего закладке и дифференциации генеративной сферы растений, по нашим наблюдениям, были достаточно сложными – прохладное лето с длительными затяжными

дождями, ранняя дождливая осень, раннее выпадение снежного покрова, продолжавшегося очень короткое время и наступивший затем длительный бесснежный период с ранними морозами – все эти факторы оказали негативное воздействие на процессы формирования генеративных органов. Нами определено, что у смородинно-крыжовниковых гибридов в таких условиях заложилось единичное количество смешанных почек на побегах: ‘Kroma’ (10,1%); В 1323/3 (13,3%); 3231 (13,4%); ‘Jošta’ (16,1%). Соответственно, цветение этих образцов оценивалось как единичное.



а



б

Рис. 1. Подмерзание бутонов смородины во время весенних заморозков 2017 г.:

а – ‘Кипиана’; б – ‘Длиннокистная ЦГЛ’ (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»)

Fig. 1. Frost-damaged flower buds of black currant cultivars in the spring of 2017:

а – ‘Kipiana’; б – ‘Dlinnokistnaya CGL’ (Pavlovsk and Pushkin Laboratories of VIR)

Результаты и обсуждение

Образцы, включенные в исследование, имеют различное генетическое и эколого-географическое происхождение. Аллотетраплоид ‘Jošta’ был создан в 70-х годах прошлого столетия в институте им. Макса Планка (ФРГ). Исходными формами служили (*R. nigrum* × *G. reclinata*) × (*R. nigrum* × *G. divaricata*). Гибрид ‘Kroma’ был выведен в Швеции, на сельскохозяйственной станции в Альнарпе от скрещивания (*R. nigrum* × *Grossularia*) × (*R. nigrum* × *G. nivea*). В настоящее время они получили статус сортов

и успешно культивируются в странах Западной Европы (Tikhonova et al., 2015).

Смородинно-крыжовниковые гибриды В 1323/3 и 3231 были выведены на Ист-Моллингской станции (Великобритания). Генетическое происхождение их не установлено.

Отдаленные межвидовые и межподвидовые гибриды *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; 046 *Petroc* 69 и 048 *Petjancz* 33 были созданы А. И. Рилишкисом (Литва, Каунас). Исходными формами при получении 046 *Petroc* 69 служили *R. petraeum* × *R. procumbens*; 048 *Petjancz* 33 – *R. petraeum* × *R. janczewskii*.

Родительскими формами триплоида 'Длиннокистная ЦГЛ' ($2n = 24$) являются: 'Кызырган' (*R. altissimum*) × 'Восьмая Дэвисона' (*R. nigrum* subsp. *europaicum*). Он был получен во Всероссийском НИИ генетики и селекции плодовых растений имени И. В. Мичурина (ранее ЦГЛ им. И. В. Мичурина).

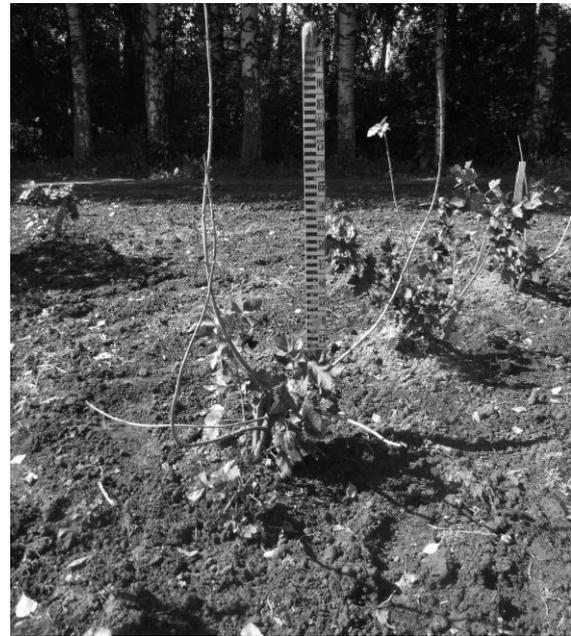


Рис. 2. Подмерзание смородино-крыжовниковых гибридов весной 2017 г. (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»)

Fig. 2. Frost-damaged black currant × gooseberry hybrids in the spring of 2017 (Pavlovsk and Pushkin Laboratories of VIR)

Сорта 'Гамма' и 'Кипиана', включенные в исследование, выведены во ВНИИ селекции плодовых культур (г. Орел). Они имеют сложное генетическое происхождение. Родословная этих сортов включает виды рода *Ribes* L., принадлежащие согласно системе Редера (Rehder, 1954) к трем различным секциям: *Eucoroisma* Jancz. (два подвида *Ribes nigrum* L. (*R. nigrum* subsp. *europaicum* Jancz. и *R. nigrum* subsp. *sibiricum* Wolf E.), *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz., скандинавский экотип *R. nigrum*), *Eugrossularia* Engl. (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.) и *Calobotrya* Spach (*R. glutinosum* Benth.). Сорт 'Черешнева' получен в НИИ садоводства УААН (г. Киев) и содержит гены *Ribes nigrum*, *R. nigrum* subsp. *europaicum*, *R. nigrum* subsp. *sibiricum*, *R. dikuscha* и *R. petiolare* Dougl.

Важнейшей особенностью указанных смородино-крыжовниковых гибридов является устойчивость к почковому клещу (*Cecidiophyes ribis* Kleb.) за счет

наличия в геноме гена *Ce*, обеспечивающего невосприимчивость к данному вредителю. Кроме того, они проявляют устойчивость к мучнистой росе и листовым пятнистостям.

Межвидовые и межподродовые гибриды, включенные в исследование, проявляют устойчивость к почковому клещу и к наиболее вредоносной в условиях Северо-Запада болезни – американской мучнистой росе (*Sphaerotheca mors-uvae* (Schw.) Berk. et Curt). Кроме того, образцы *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* и 048 *Petjancz* 33 имеют очень длинные, густые многоцветковые кисти, насчитывающие до 25–33 цветков. Они обладают высокой декоративностью и, помимо перечисленных важных для селекции признаков, могут использоваться как декоративные кустарники в садоводстве. Достаточно декоративен во время цветения и гибрид 046 *Petroc* 69 за счет необычной (ярко-розовой) окраски цветков (рис. 3).

Триплоид ‘Длиннокистная ЦГЛ’ обладает устойчивостью к мучнистой росе и почковому клещу и характеризуется длиннокистностью.

Морфология пыльцевых зерен.

Пыльцевые зерна всех исследованных таксонов (рис. 4, 5), за исключением триплоида ‘Длиннокистная ЦГЛ’, сложнопертурные; апертуры состоят из эндоапертур – пор и эктоапертурных областей различной формы. Зерна имеют сфероидальную форму, средние размеры, главным образом, от 22 до 42 мкм в диаметре. Подробные морфометрические характеристики пыльцы изученных таксонов представлены в таблице 1. В соответствии с палиноморфологическими характеристиками изученные таксоны условно объединены нами в три группы: I – тетраплоидные смородинно-крыжовниковые гибриды; II – отдаленные межвидовые и межподвидовые гибриды смородины; III – сорта ‘Гамма’, ‘Кипиана’, и ‘Черешнева’, имеющие сложное гибридогенное происхождение. Триплоид ‘Длиннокистная ЦГЛ’ занимает особое положение, не вписываясь ни в одну из указанных групп.

I группа. Пыльцевые зерна тетраплоидных смородинно-крыжовниковых гибридов ‘Kroma’, ‘Jošta’, 3231, В 1323/3 (рис 4а–4д; рис. 5а–5с) порово-оровые или (слитно) бороздно-поровые, в очертании округлые, от 27 до 42 мкм в диаметре. В образцах часто встречаются мелкие пыльцевые зерна – 10–20 мкм в диаметре (см. рис 4с; рис. 5с). Округлые поры (эндоапертуры) с ровными краями, от 2 до 8 мкм в диаметре, в количестве от 6 до 12, расположены глобально по всему пыльцевому зерну. Поры окружены эктоапертурной областью, имеющей округлую, угловатую или бороздовидную форму. Внутри одной эктоапертурной области заключено от 0 до 5 пор (чаще всего 2). У пыльцы смородинно-крыжовниковых гибридов встречаются и борозды, и поры. Соотношение длины к ширине эктоапертурных областей характеризует отмечаемый тип эктоапертур – борозд и/или пор. У представите-

лей этой группы величина этого показателя является наибольшей (рис. 6). Она варьирует в зависимости от образца от 1,0 до 5,8 и составляет в среднем 2,2...4,8 единиц. Эктоапертурные области с нечеткими, извилистыми, рваными краями, поры внутри эктоапертур часто размещены неравномерно. Эктоапертуры бороздовидной формы расположены как параллельно друг другу, так и под углом до 90°. Экзина толщиной 0,7–1,8 мкм; скульптура мезокольпиума или мезопориума неясная, гладкая или шероховатая. При исследовании в СЭМ обнаруживается почти гладкая или слабо микроперфорированная поверхность мезопориума; микроперфорации редкие, около 0,1 мкм в диаметре. Эктоапертурная область погруженная, мембрана эктоапертуры гранулярная; гранулы округлой формы, около 0,1 мкм в диаметре, располагаются плотно или на расстоянии 0,3–0,9 мкм друг от друга.

II группа. Пыльцевые зерна межвидовых и межподвидовых гибридов 048 *Petjancz 33*, *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, 046 *Petroc 69* (см. рис 4f, j; рис. 5d–5f), главным образом, порово-оровые, очень редко у *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* встречаются (слитно) бороздно-поровые зерна. Все зерна в очертании округлые или округло-4-5-угольные, от 16 до 35 мкм в диаметре. Наибольший разброс размеров пыльцевых зерен отмечен у *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* (см. рис. 4f). Округлые поры (эндоапертуры) с ровными краями, от 3 до 7 мкм в диаметре, в количестве от 4 до 8, расположены глобально по всему пыльцевому зерну. Поры окружены эктоапертурной областью округлой, угловатой, очень редко бороздовидной формы; внутри одной эктоапертурной области заключена обычно 1 пора, редко от 0 до 3. Иногда две соседние округлые эктоапертурные области объединены или соединены узкой перемычкой. Соотношение длины к ширине эктоапертурных областей колеблется от 1,0 до 3,5 и составляет в среднем 1,5–1,7 единиц, что характеризует основной отмечаемый тип эктоапертур – пор (рис. 6). Экзина

толщиной 0,7–1,7 мкм, скульптура мезопориума неясная, гладкая или шероховатая. При исследовании в СЭМ обнаруживается почти гладкая или слабо микроперфорированная поверхность мезопориума, микроперфорации редкие,

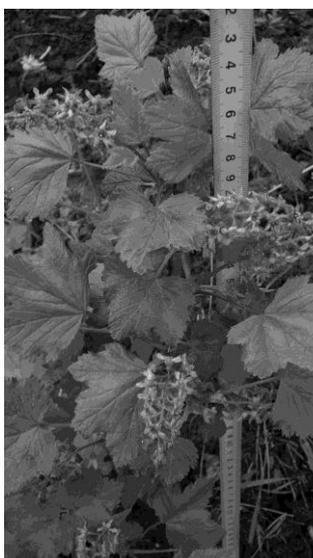
около 0,1 мкм в диаметре. Эктоапертурная область погруженная; мембрана эктоапертурны гранулярная, гранулы редкие, округлой формы, около 0,1 мкм в диаметре.



a



b



c



d

Рис. 3. Отдаленные гибриды рода *Ribes* в период цветения:

a – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; b – 048 Petjancz 33;

c – 046 Petroc 69; d – ‘Jošta’

«Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»)

Fig. 3. Flowering of remote hybrids in the genus *Ribes*:

a – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; b – 048 Petjancz 33;

c – 046 Petroc 69; d – ‘Jošta’

(Pavlovsk and Pushkin Laboratories of VIR)

Примечание: У *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* отмечены пыльцевые зерна с мелкобородавчатой поверхностью мезопориума, без выраженной эктоапертурной области. Такие зерна обычно мельче порово-оровых с почти гладкой поверхностью. У образца 046 Petros 69 встречаются нераспавшиеся тетрады. По своим морфологическим характеристикам и единообразию пыльца 048 Petjancz 33 подобна пыльце III группы.

III группа. Пыльцевые зерна сортов ‘Гамма’, ‘Кипиана’ и ‘Черешнева’ (см. рис 4j, k; рис 5g, h), являющихся сложными комплексными гибридами, сходны по своему морфологическому строению с пыльцевыми зернами большинства сортов и дикорастущих форм смородины черной – *Ribes nigrum* (Gavrilova, Tikhonova, 2013). Пыльцевые зерна порово-оровые, в очертании округлые или округло-4-5-угольные, от 22 до 37 мкм в диаметре. Округлые поры (эндоапертуры) с ровными краями, от 2,7 до 7,5 мкм в диаметре, в количестве от 4 до 6, расположены глобально по всему пыльцевому зерну. Поры окружены эктоапертурной областью округлой формы; внутри одной эктоапертурной области заключена обычно 1 пора, редко от 0 до 2 пор. Иногда две соседние округлые эктоапертурные области объединены или соединены узкой перемычкой. Соотношение длины к ширине эктоапертурных областей колеблется от 1,0 до 2,7 и составляет в среднем 1,5–1,6 единиц в зависимости от образца, что характеризует основной отмечаемый тип эктоапертур – пор (см. рис. 6). Экзина толщиной 0,7–1,0 мкм, скульптура мезопориума неясная, гладкая или шероховатая. При исследовании в СЭМ обнаруживается почти гладкая или слабо микроперфорированная поверхность мезопориума; микроперфорации редкие, около 0,1 мкм в диаметре. Эктоапертурная область погруженная, мембрана эктоапертуры гранулярная, гранулы редкие, округлой формы, около 0,1 мкм в диаметре. Сорта ‘Гамма’ и ‘Кипиана’, в геноме которых

присутствуют гены крыжовника *Grossularia reclinata*, не имеют характерных для данного рода палиноморфологических особенностей, выраженных в наличии борозд.

‘Длиннокистная ЦГЛ’. Пыльцевые зерна триплоида ‘Длиннокистная ЦГЛ’ (см. рис. 4e, g, h; рис. 5i), который по своим морфометрическим характеристикам не вписывается ни в одну из перечисленных групп, главным образом, поровые с простыми апертурами; редко выражена эктоапертурная область неясной формы, часто занимающая половину зерна. В этом случае зерна можно описать как сложноапертурные. Пыльца разноразмерная, в среднем 21,2 мкм, с диапазоном варьирования от 14,3 до 32,9 мкм в диаметре. Поры округлые или овальные, с ровными краями, в количестве от 4 до 6, расположены глобально по всему пыльцевому зерну. Диаметр их составляет в среднем 3,2 мкм с колебаниями от 1,6 до 5,8 мкм. Поверхность мезопориума бородавчатая; бородавки разноразмерные, от 0,1 до 10,3 мкм по высоте/диаметру. Встречаются пыльцевые зерна как с мелкими, так и в основном с крупными бородавками (см. рис. 4h). Бородавчатые зерна имеют утолщенную экзину, толщина которой составляет от 0,8 до 2,6 мкм и значительно колеблется в зависимости от структуры поверхности.

На рисунке 4 (a–c) показаны зерна, главным образом, с бороздовидными эктоапертурными областями, включающими 2, реже 3 поры. Редко соседние округлые эндоапертурные области сливаются (a) или одна округлая область содержит 1 пору (c).

Порово-оровые пыльцевые зерна (f, i, j) имеют округлые эндоапертурные области с расположенной, главным образом, в центре одной порой, редко без пор; иногда соседние округлые эндоапертурные области сливаются (j). На рисунке изображена пыльца аномальная (g) и аномальная наряду с нормальной (f). Оптические срезы показывают

структуру экзины нормальных (к) и аномальных бородавчатых (h) зерен.

На рисунке 5 (а–с) показаны зерна, главным образом, с бороздовидными эктоапертурными областями, включающими 2, реже 3 поры. Порово-оровые

пыльцевые зерна (d, c, g, h) имеют округлые эндоапертурные области с расположенной, главным образом, в центре одной порой, редко без пор. На рисунке изображена пыльца аномальная (i) и аномальная наряду с нормальной (f).

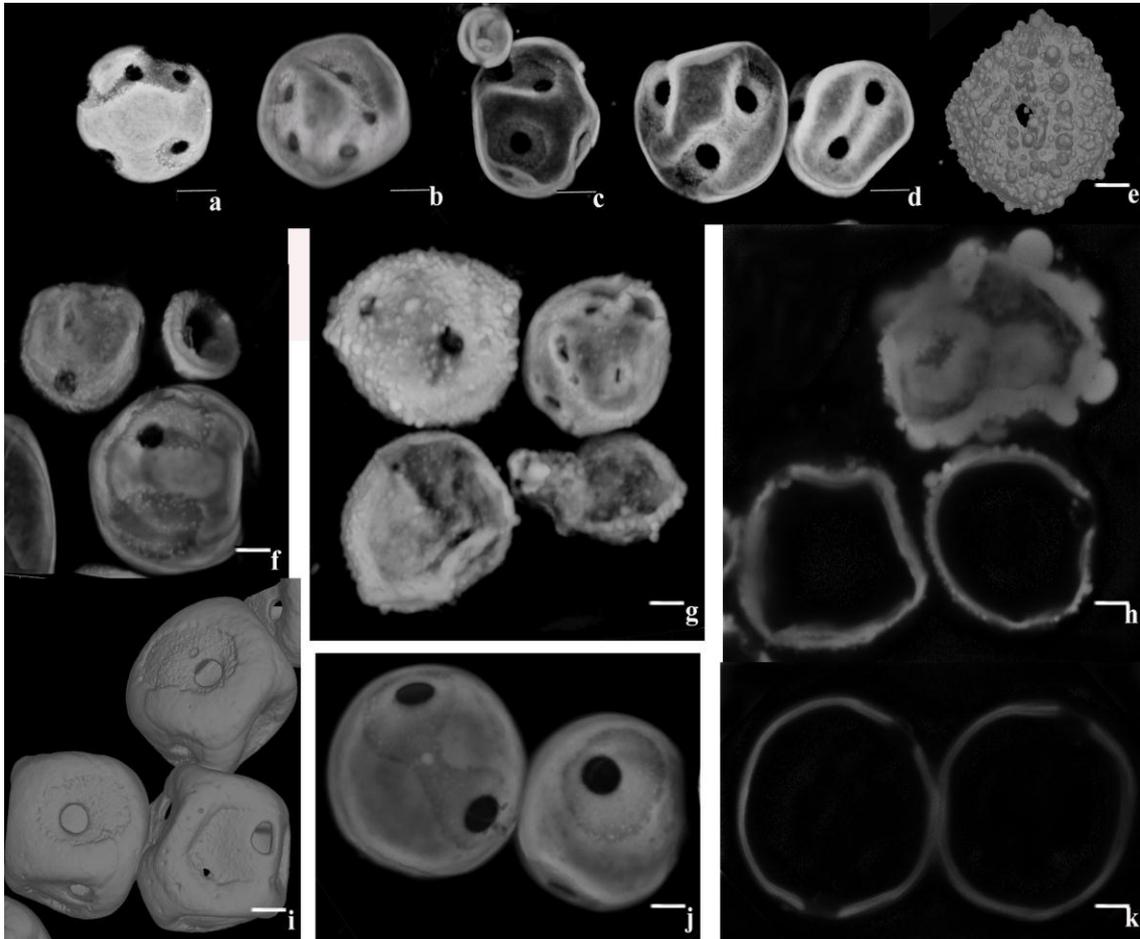


Рис. 4. Микрофотографии пыльцевых зерен, полученные с помощью конфокального лазерного микроскопа:

a – ‘Kroma’, b – ‘Jošta’, c – 3231, d – В 1323/3, e, g, h – ‘Длиннокистная ЦГЛ’, f – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, i – 048 *Petjancz 33*, j, k – ‘Черешнева’; a–g, i, j – общий вид реконструированных пыльцевых зерен, h, k - оптические срезы через пыльцевые зерна. Масштабная линейка: a–d 10 мкм, e–k 5 мкм.

Fig. 4. Microphotos of pollen grains made with a confocal laser scanning microscope:

a – ‘Kroma’, b – ‘Jošta’, c – 3231, d – В 1323/3, e, g, h – ‘Dlinnokistnaya CGL’, f – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, i – 048 *Petjancz 33*, j, k – ‘Chereshneva’, a–g, i, j – view of the reconstructed pollen grains; h, k– optical sections across pollen grains. Scale bar: a–d 10 μm, e–k 5 μm.

Таблица 1. Морфологическая и морфометрическая характеристика пыльцевых зерен отдаленных гибридов и сортов рода *Ribes*
 Table 1. Pollen morphological and morphometric characteristics of remote hybrids and varieties in the genus *Ribes*

Название сорта	Диаметр, μm \bar{x} min-max	Поры		Эктоапертурная область			Экзина, μm
		Кол-во (шт.)	Диаметр, μm \bar{x} min-max	Длина, μm min-max	Ширина, μm min-max	Соотношение: длина/ширина	
Jošta	$\bar{36,5}$ 29,1-41,9	6-12	$\bar{3,9}$ 2,2-50,7	13,0-33,9	1,4-9,8	$\bar{3,6}$ 2,1-5,4	0,7-1,5
B 1323/3	$\bar{35,3}$ 29,9-39,9	6-12	$\bar{6,3}$ 5,2-7,0	27,0-35,9	3,1-13,4	$\bar{4,8}$ 3,1-5,8	0,7-1,2
3231	$\bar{35,0}$ 33,0-37,0	6-12	$\bar{6,3}$ 5,4-8,0	14,3-24,6	3,9-12,5	$\bar{2,2}$ 1,1-3,1	0,8-1,4
Крома	$\bar{33,5}$ 27,6-39,4	6-12	$\bar{3,4}$ 2,0-4,7	8,9-25,3	1,8-8,9	$\bar{2,8}$ 1,0-4,9	1,1-1,8
048 <i>Petjancz</i> 33	$\bar{31,2}$ 26,4-34,8	6	$\bar{5,3}$ 3,0-6,7	12,9-19,7	7,6-14,9	$\bar{1,6}$ 1,1-2,6	0,7-1,1
046 <i>Petroc</i> 69	$\bar{30,4}$ 26,4-33,5	4-6	$\bar{4,5}$ 3,4-5,5	9,3-19,0	8,1-15,0	$\bar{1,5}$ 1,0-2,1	0,7-1,7
<i>R. hudsonianum</i> × <i>R. dikuscha</i>	$\bar{26,8}$ 16,5-34,9	4-8	$\bar{5,1}$ 3,8-6,7	13,5-31,5	8,9-14,1	$\bar{1,7}$ 1,1-3,5	0,6-1,4
Гамма	$\bar{31,9}$ 28,4-36,9	5-6	$\bar{4,9}$ 3,8-7,5	9,0-12,0	8,7-11,7	$\bar{1,5}$ 1,0-2,2	0,7-1,0
Черешнева	$\bar{30,1}$ 28,2-32,7	6	$\bar{4,2}$ 2,7-5,6	11,5-27,2	3,8-14,9	$\bar{1,6}$ 1,1-2,3	0,9
Кипиана	$\bar{27,3}$ 22,0-30,9	6	$\bar{5,6}$ 4,3-6,9	11,1-25,8	9,4-12,5	$\bar{1,5}$ 1,1-2,7	0,7-0,9
Длиннокистная ЦГЛ	$\bar{21,2}$ 14,3-32,9	4-6	$\bar{3,2}$ 1,6-5,8	Эктоапертурная область не видна. Мезопориум бородавчатый. Бородавки 0,1-10,3 μm			0,8-2,6

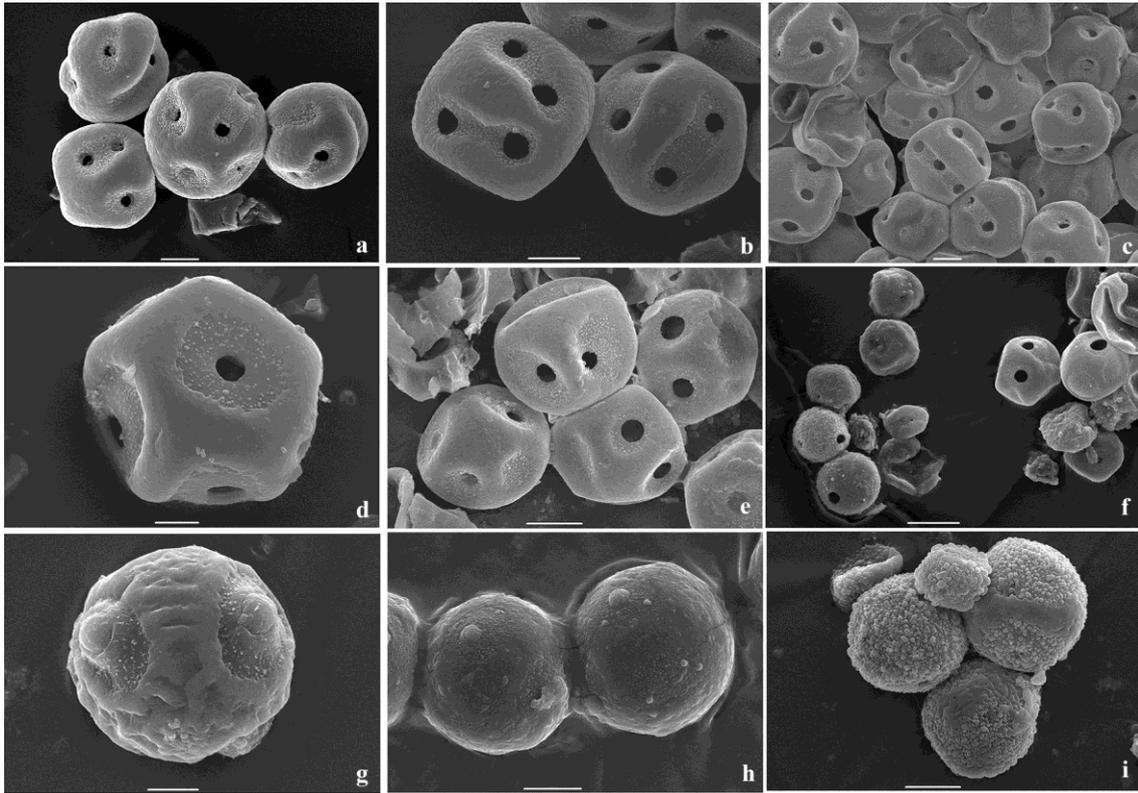


Рис. 5. Микрофотографии пыльцевых зерен, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа:

a – В 1323/3, b – 3231, c – ‘Jošta’, d – 048 *Petjancz 33*, e – 046 *Petroc 69*, f – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, g – ‘Черешнева’, h – ‘Кипиана’, i – ‘Длиннокистная ЦГЛ’.
 Масштабная линейка: a–c, e, h, i – 10 мкм, d, g – 5 мкм, f – 20 мкм.

Fig. 5. Microphotos of pollen grains made with a scanning electron microscope:
 a – В 1323/3, b – 3231, c – ‘Jošta’, d – 048 *Petjancz 33*, e – 046 *Petroc 69*, f – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, g – ‘Chereshneva’, h – ‘Kipiana’, i – ‘Dlinnokistnaya CGL’.
 Scale bar: a–c, e, h, i – 10 μm, d, g – 5 μm, f – 20 μm.

Фертильность и жизнеспособность пыльцы. Определение фертильности пыльцы, проведенное нами в 2016 г., показало, что доля морфологически зрелой (фертильной) пыльцы от общего количества просмотренных пыльцевых зерен составила в зависимости от образца 5,5–92,2% (табл. 2). Наиболее высокий уровень фертильности (92,2%) наблюдался у образца с правильным расположением апертур – 048 *Petjancz 33*. Достаточно высокая степень морфологически зрелой пыльцы (82,9–87,1%) была характерна для гибридов с большим количеством пыльцевых зерен, отклоняющихся от типичных с правильными апертурами – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* и смородинно-крыжовнико-

вого гибрида В 1323/3. Остальные смородинно-крыжовниковые гибриды характеризовались также достаточно высоким уровнем фертильности (65,5–76,9%). У образцов с неправильным расположением апертур (046 *Petroc 69*) показатель фертильности был относительно невысоким (50,4%). Самый низкий уровень фертильности был свойственен триплоиду ‘Длиннокистная ЦГЛ’, у которого обнаружены морфологически аномальные пыльцевые зерна (Gavrilova, Tikhonova, 2016). Характерные состояния пыльцы в полях зрения микроскопа от высокого уровня фертильности к низкому показаны на рисунке 7. В основном неокрашенными оставались мелкие зерна (10–15 мкм в диаметре). Стерильные пыльцевые зерна

под микроскопом выглядели сморщенными, деформированными, мелкими и средними (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*). В 2017 г. доля фертильной пыльцы составила в зависимости от образца 48,2% (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*) – 91,9% (048 *Petjancz* 33). У сортов с обогащенной генетической наследственностью

(‘Гамма’, ‘Кипиана’ и ‘Черешнева’) уровень фертильности пыльцы составил 79,4; 50,3 и 48,8%, соответственно (см. табл. 2). Самая низкая потенциальная жизнеспособность пыльцы (0,99%) наблюдалась у триплоида ‘Длиннокистная ЦГЛ’.

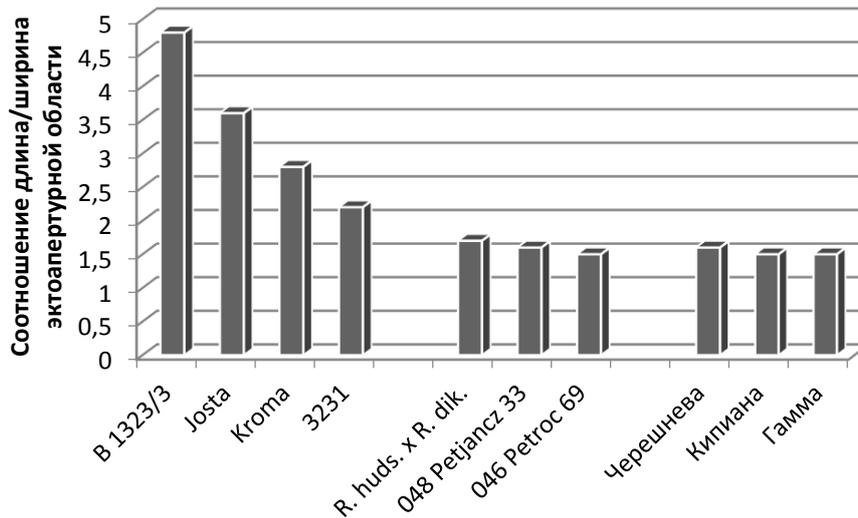


Рис.6 Характеристика исследованных образцов по соотношению длина/ширина эктоапертурных областей

Fig. 6. Characteristics of the investigated samples according to the length/width ratio in ectoapertural areas

Следует отметить, что в 2017 г. по сравнению с предыдущим, 2016 годом, в связи с описанными выше сложными погодными условиями произошло снижение уровня фертильности у ряда исследуемых образцов на 15% (B 1323/3) – 38,9% (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*) (см. табл. 2). Стабильными и высокими в исследуемые годы остались значения показателя у образца 048 *Petjancz* 33 ($V = 0,22\%$) (см. табл. 2). Достаточно высокие и стабильные значения признака имели смородинно-крыжовниковые гибриды ‘Josta’ ($V = 0,41\%$) и ‘Kroma’ ($V = 1,39\%$). У образцов 3231 и отдаленного межподродового гибрида 046 *Petros* 69 наблюдалось незначительное увеличение уровня фертильности (на 17,8 и 5,1%, соответственно) (рис. 8). Важными

характеристиками качества пыльцы являются длина пыльцевой трубки и скорость ее роста, поскольку именно они обеспечивают тот или иной уровень конкурентоспособности при прорастании на рыльце пестика (Nikolaevskaya et al., 2009). Жизнеспособность пыльцы изученных гибридов в исследуемые годы была существенно ниже уровня фертильности. В оба исследуемых года величина этого показателя не превысила 30%. Прорастание пыльцевых зерен носило сходный характер – появление пыльцевых трубок отмечено уже спустя 4 часа после посева пыльцы на питательную среду, однако, в 2016 г. количество проросших пыльцевых трубок спустя сутки оставалось таким же, как и через 4 часа. В 2017 г. прорастание пыльцевых зерен имело иные особенности.

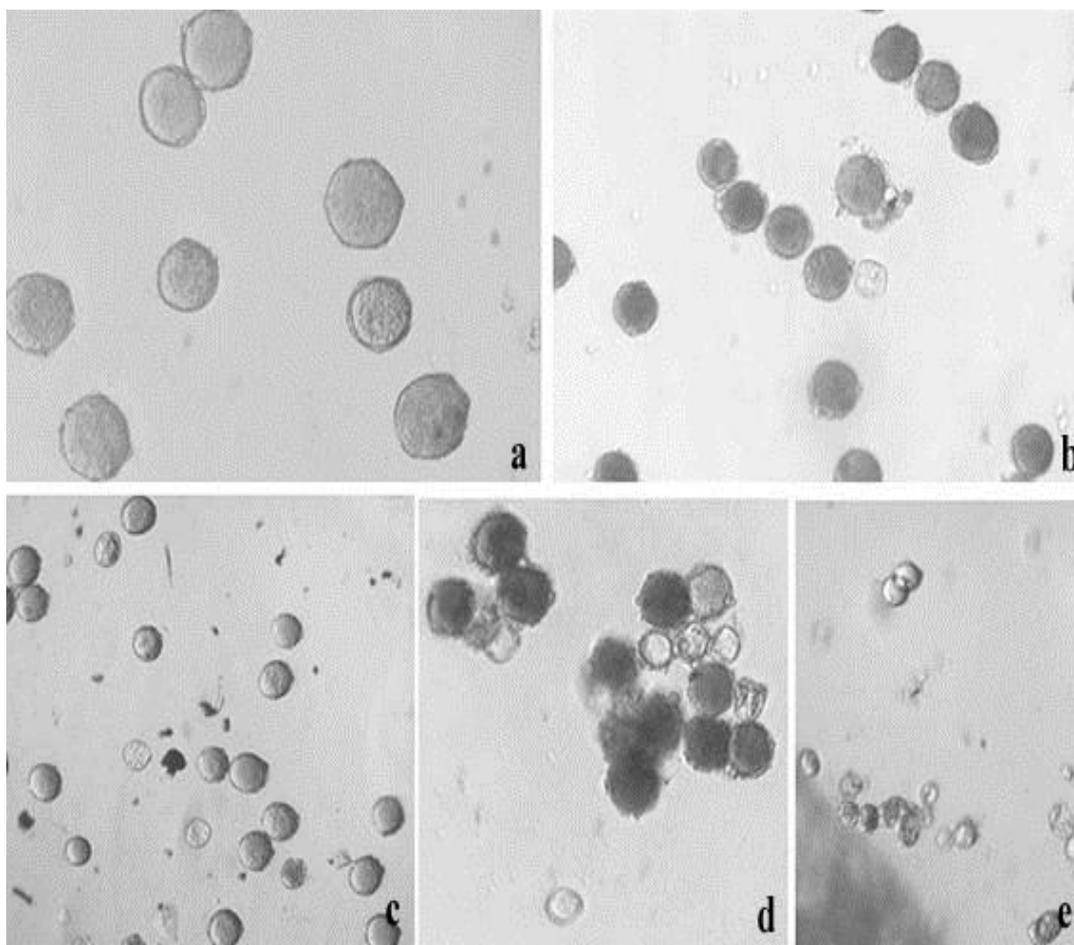


Рис. 7 Фертильность пыльцевых зерен:

a – 3231, b – 048 *Petjancz 33*, c – ‘Kroma’, d – 046 *Petroc 69*, e – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; a, b – x 400, c-e – x 200

Fig. 7. Fertility of pollen grains:

a – 3231, b – 048 *Petjancz 33*, c – ‘Kroma’,
d – 046 *Petroc 69*, e – *R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; a, b – x 400, c-e – x 200

Появление пыльцевых трубок спустя 4 часа после посева на питательную среду наблюдалось у смородинно-крыжовниковых гибридов ‘Josta’ и 3231, межподвидовых гибридов 046 *Petroc 69*, 048 *Petjancz 33* и сорта Черешнева. При этом у межвидового гибрида 048 *Petjancz 33* и аллотетраплоида В 1323/3 отмечено прорастание единичных пыльцевых зерен, длина пыльцевых трубок которых не превышала диаметр пыльцевого зерна. В то же самое время у образца 046 *Petroc 69* отмечено прорастание 14,5% пыльцевых зерен, трубки которых по длине намного превышали диаметр пыльцевого зерна. Спустя сутки у большинства образцов количество

проросших пыльцевых трубок увеличилось и составило 2,6% (В 1323/3) – 30% (046 *Petroc 69*). У межвидового гибрида *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* пыльцевые зерна не прорастали, что, вероятно, связано с нарушениями процессов формирования генеративной сферы при возвратных весенних заморозках. У триплоида ‘Длиннокистная ЦГЛ’, характеризующегося морфологически аномальной, разнородавчатой и стерильной на 97,8% пыльцой, проросших зерен отмечено не было. Подобные стерильные разнородавчатые пыльцевые зерна обнаружены нами также у гибридов фиалок (Gavrilova, unpubl.).

Таблица 2. Количественное содержание фертильных и стерильных пыльцевых зерен (п.з.) у исследованных образцов рода *Ribes*
Table 2. The percentage of fertile and sterile pollen grains in the studied samples of the genus *Ribes*

Название образца	Год исследования	Количество просмотренных пыльцевых зерен, шт.	Фертильные п.з				Аномальные п.з	
			Общее количество, шт.	% от общего количества	$X \pm S_x$	Коэффициент вариации (V), %	Общее количество, шт.	% от общего количества
048 <i>Petjancz 33</i>	2016	591	545	92,2	92,1±0,2	0,22	46	7,8
	2017	382	351	91,9			31	8,1
<i>R. hudsonianum</i> × <i>R. dikuscha</i>	2016	271	236	87,1	67,7±19,5	40,6	35	12,9
	2017	226	109	48,2			117	51,8
В 1323/3	2016	382	317	82,9	75,4 ± 7,5	14,1	65	17,1
	2017	321	218	67,9			103	32,1
Крома	2016	515	396	76,9	76,2±0,75	1,39	119	23,1
	2017	329	248	75,4			81	24,6
Jošta	2016	529	360	68,1	68,3±0,2	0,41	169	31,9
	2017	378	259	68,5			119	31,5
3231	2016	589	386	65,5	74,4±8,9	16,9	203	34,5
	2017	408	340	83,3			68	16,7
046 <i>Petroc 69</i>	2016	641	323	50,4	52,9±2,6	6,8	318	49,6
	2017	458	254	55,5			204	44,5
Длиннокистная ЦГЛ	2016	897	49	5,5	3,3±2,2	97,8	848	94,5
	2017	101	1	0,99			100	99,01
Гамма	2017	238	189	79,4	–	–	49	20,6
Черешнева	2017	145	73	50,3	–	–	72	49,7
Кипиана	2017	205	100	48,8	–	–	105	51,2

Доля проросшей пыльцы от уровня ее фертильности составила в зависимости от образца 0,0 (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, 'Длиннокистная ЦГЛ') – 54,1% (*046 Petroc 69*) (табл. 3).

Из таблицы 3 следует, что практически все изученные образцы, в особенности, высокосамоплодные сорта 'Кипиана', 'Гамма' и 'Черешнева' характеризуются низкими значениями показателя, что вполне объяснимо сложившимися сложными погодными условиями 2017 г. Тем не менее, можно заметить, что сравнительно невысокий уровень фертиль-

ности образца *046 Petroc 69* компенсируется большей энергией прорастания и, напротив, при высокой фертильности образцы *048 Petjancz 33* и 'Крома' характеризуются невысокой энергией прорастания. Из всех смородинно-крыжовниковых гибридов самые низкие величины показателя имеют 'Крома' и В 1323/3, для которых условия перезимовки, по видимому оказались наиболее сложными, что внешне проявилось в большей степени подмерзания вегетативных органов, меньшем количестве заложившихся смешанных почек, и, соответственно, меньшей силе цветения.

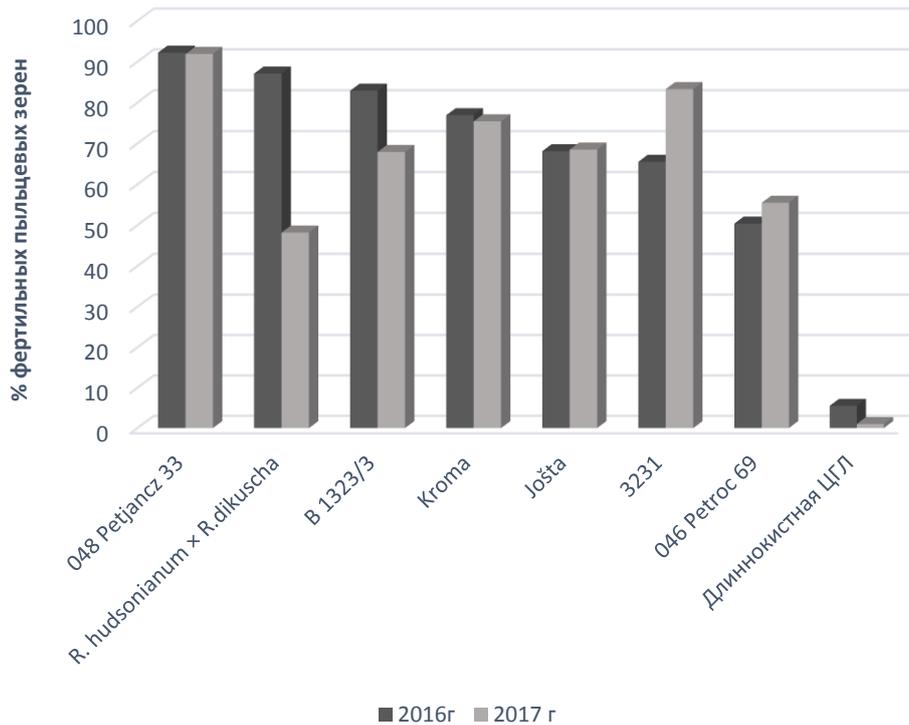


Рис. 8. Уровень фертильности пыльцы изучаемых образцов
Fig. 8. Pollen fertility level in the studied samples

Заключение

Проведенные исследования позволили установить, что изученные отдаленные гибриды семейства Grossulariaceae, в том числе тетраплоидные, за исключением триплоидного образца 'Длиннокистная ЦГЛ' обладают высоким уровнем фертильности, что свидетельствует о возможности их использования в селекции.

По морфологии пыльцевых зерен можно сделать определенные выводы о возможной фертильности пыльцы. Одноразмерные, одинаковые, правильной формы зерна, как у 048 Petjancz 33 чаще всего высокофертильны. У более крупных и разнообразных по строению апертур пыльцевых зерен (смородинно-крыжовниковые гибриды) фертильность высокая и стабильная; стерильными оказываются мелкие (в 2–3 раза мельче обычных) пыльцевые зерна. У образцов с разноразмерной пылью (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, 'Длиннокистная ЦГЛ') фертильность ниже или существенно ниже.

Сорта 'Гамма' и 'Кипиана', в геноме которых присутствуют гены крыжовника *Grossularia reclinata*, не имеют характерных для данного рода палиноморфологических особенностей, выраженных в наличии борозд, в то время как у смородинно-крыжовниковых гибридов, наряду с порово-оровыми, встречаются и бороздно-оровые пыльцевые зерна, типичные для рода *Grossularia*.

Морфологически стерильность пыльцевых зерен выражена не только и не столько в размерах пыльцы, как в аномалиях строения оболочки. Так, выявленные зерна с утолщенной оболочкой, бороздчатой экзиной (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*, 'Длиннокистная ЦГЛ') являются нежизнеспособными. Пыльцевые зерна в нераспавшихся тетрадах стерильны (046 Petroc 69). Выявлена положительная корреляция между диаметром пыльцевого зерна и фертильностью ($r = 0,77$). Умеренная положительная корреляция ($r = 0,56$) существует между диаметром пор и фертильностью.

Таблица 3. Количество проросшей пыльцы от уровня ее фертильности, %
Table 3. The amount of germinated pollen compared with the level of its fertility, %

Образец	Доля проросшей пыльцы от уровня фертильности, %
046 <i>Petroc</i> 69	54,1
Jošta	31,9
3231	31,7
Кипиана	30,1
Гамма	20,3
048 <i>Petjancz</i> 33	14,3
Крома	13,9
Черешнева	13,7
В 1323/3	3,8
<i>R. hudsonianum</i> × <i>R. dikuscha</i>	0,0
Длиннокистная ЦГЛ	0,0

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-04-06386_а. *Морфологические исследования проводились в рамках госзадания БИИ РАН, тема № 0126-2014-0006.*

References/Литература

- Buglova L. V.* Pollen grain fertility, viability and optimal preservation period in the genus *Trollius* (Ranunculaceae) // *Botan. zhurn.* 2015, vol. 100, no. 3, pp. 270–277 [in Russian] (*Буглова Л. В.* Фертильность, жизнеспособность и оптимальные сроки хранения пыльцы представителей рода *Trollius* (Ranunculaceae) // *Ботан. журн.*, 2015. Т. 100. № 3. С. 270–277).
- Buchenkov I E.* Creation of initial and breeding material of currant and gooseberry on the basis of remote hybridization and autopolyploidy // *Avtoref. dis. ... cand. Agricultural Sciences. Zhodino*, 1998, 20 p. [in Russian] (*Бученков И. Э.* Создание исходного и селекционного материала смородины и крыжовника на основе отдаленной гибридизации и автополиплоидии // *Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Жодино*, 1998. 20 с.).
- Buchenkov I E., Ryshkel O. S., Ryshkel' I. V.* Analysis of autotetraploid forms of features of *Ribes nigrum*, *Ribes rubrum*, *Grossularia reclinata* // *Agriculture – problems and perspectives: scientific works. Grodno*, 2015, vol. 29, pp. 31–38 [in Russian] (*Анализ признаков автотетраплоидных форм *Ribes nigrum*, *Ribes rubrum*, *Grossularia reclinata* (Бученков И. Э., Рышкель О. С., Рышкель И. В. // *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродно* 2015. Т. 29. С. 31–38).*
- Gavrilova O. A.* Application of confocal laser scanning microscope for pollen wall morphology study // *Botan. zhurn.*, 2014, vol. 99, no 10, pp. 113–1147 [in Russian] (*Гаврилова О. А.* Применение конфокальной лазерной сканирующей микроскопии (КЛСМ) для исследования морфологии оболочки пыльцевых зерен // *Ботан. журн.*, 2014. Т. 99. № 10. С. 113–1147).
- Gavrilova O. A., Tikhonova O. A.* Diversity of pollen grain shapes, and their distribution across some Grossulariaceae species and hybrids // *Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science. Experimental biology. Petrozavodsk*, 2013, no. 3, pp. 82–92 [in Russian] (*Гаврилова О. А., Тихонова О. А.* Разнообразие форм пыльцевых зерен и их распределение у некоторых видов и гибридов крыжовниковых // *Тр. Карельского научного центра РАН. Петрозаводск*, 2013. № 3. С. 82–92).
- Gavrilova O. A., Tikhonova O. A.* The quality of pollen of species and remote hybrids in the family Grossulariaceae DC // "Advances in current natural sciences" electronic journal., 2016, no 12, pp. 68–73 [in Russian] (*Гаврилова О. А., Тихонова О. А.* Качество пыльцы видов и отдаленных гибридов в семействе Grossulariaceae DC // *Электронный журнал «Успехи современного естествознания»*. 2016. № 12. С. 68–73).

- Dubrovskii M. L.* The in vitro study of the viability of the male gametophyte in forms of the currant with different levels of ploidy // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. Moscow, 2011, vol. 26, pp. 38–43 [in Russian] (*Дубровский М. Л.* Изучение in vitro жизнеспособности мужского гаметофита у форм смородины разного уровня ploidy // *Плодоводство и ягодоводство России*. М., 2011. Т. 26. С. 38–43).
- Dubrovskii M. L., Lyzhin A. S., Van-Unkan N. Yu.* Morphological variability of pollen as a consequence of microsporogenesis disorders // *Plodovodstvo i yagodovostvo Rossii*. Moscow, 2013, vol. 37, no. 1, pp. 98–103 [in Russian] (*Дубровский М. Л., Лыжин А. С., Ван-Ункан Н. Ю.* Морфологическая разнокачественность пыльцы как следствие нарушений микроспорогенеза // *Плодоводство и ягодоводство России*. М., 2013. Т. 37. № 1. С. 98–103).
- Keep E.* Black currant and gooseberry // In: *Breeding of fruit culture*. Moscow: Kolos, 1981, pp. 274–371 [in Russian] (*Кун Е.* Смородина и крыжовник // В кн.: *Селекция плодовых растений*. М.: Колос, 1981. С. 274–371).
- Koteeva N. K., Mirgorodskaya O. V., Bulysheva M. M., Mirislavov E. A.* Pollen development in *Ribes nigrum* (Grossulariaceae) under low temperature // *Botan. zhurn.*, 2015, vol. 100, no 10, pp. 1001–1014 [in Russian] (*Котеева П. Л., Миргородская О. И., Булышева М. М., Мирославов Е. А.* Формирование пыльцы *Ribes nigrum* (Grossulariaceae) при низких температурах // *Ботан. журн.*, 2015. Т. 100. № 10. С. 1001–1014).
- Nikitin V. V.* Hybridization in the genus *Viola* (Violaceae) // *Bot. zhurn.*, 2007, vol. 92, no. 2. pp. 221–227 [in Russian] (*Никитин В. В.* Гибридизация в роде *Viola* (Violaceae) // *Ботан. журн.*, 2007. Т. 92. № 2. С. 212–227).
- Nikolaevskaya T. S., Vetchinnikova L. V., Titov A. F., Lebedeva O. N.* Study of pollen in native and introduced *Betula L.* species in Karelia // *Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science. Experimental biology*. Petrozavodsk, 2009, no 4, pp. 90–95 [in Russian] (*Николаевская Т. С., Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф., Лебедева О. Н.* Изучение пыльцы у аборигенных и интродуцированных в условиях Карелии представителей рода *Betula L.* // *Тр. Карельского научного центра РАН*. Петрозаводск, 2009. № 4. С. 90–95).
- Pausheva Z. P.* Workshop on Cytology of plants. Moscow: Agropromizdat. 1988. 271 p. [in Russian] (*Паушева З. А.* Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат. 1988. 271 с.).
- Sedyshcheva G. A., Gorbacheva N. G.* Microsporogenesis and embryo sac formation in a tetraploid form of 'Melba' (4×) // *Advance of sortiment and plant technology of fruit and berry crops*. Orel, 2010, pp. 207–210 [in Russian] (*Седышева Г. А., Горбачева Н. Г.* Микроспорогенез и формирование зародышевого мешка у тетраплоидной формы сорта «Мелба» (4×) // *Совершенствование сортимента и технологий возделывания плодовых и ягодных культур* / *Мат-лы межд. научно-практ. конф.* Орел, 2010. С. 207–210).
- Tikhonova O. A.* Self-fertility of black currant cultivars. // "Contemporary horticulture" electronic journal. Orel, 2015. no. 1, pp. 39–53 {vniispk.ru} [in Russian] (*Тихонова О. А.* Самоплодность сортов черной смородины // *Электронный журнал «Современное садоводство»*. Орел, 2015. № 1. С. 39–53).
- Tikhonova O. A., Gavrilova O. A., Pupkova N. A.* Morpho-biological features of black currant – gooseberry hybrids in the North-West of Russia. // *Contemporary horticulture electronic journal*. Orel, 2015, no. 4, pp. 42–60 {journal.vniispk.ru} [in Russian] (*Тихонова О. А., Гаврилова О. А., Пупкова Н. А.* Морфо-биологические особенности смородинно-крыжовниковых гибридов на Северо-Западе России // *Электронный журнал «Современное садоводство»*. Орел, 2015. № 4. С. 42–60).
- Ulyanovskaya E. V., Kovaleva V. V., Mokhno V. S.* Cyto-embriological estimate of breeding material // In: *Contemporary methodological aspects of the organization of breeding process in horticulture and viticulture*. Krasnodar, 2012, pp. 205–219 [in Russian] (*Ульяновская Е. В., Ковалева В. В., Мохно В. С.* Цито-эмбриологическая оценка селекционного материала // В кн.: *Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве*. Краснодар, 2012. С. 205–219).
- Chelak V. R.* Biological features of pollen – viability, fertility and sterility // *Botanical investigation*. Kishinev, 1989, no 4, pp. 31–38 [in Russian] (*Челак В. Р.* Биологические

- свойства пыльцы – жизнеспособность, фертильность и стерильность // Ботанические исследования. Кишинев, 1989. № 4. С. 3–38).
- Shchekochichina E. V.* Using of inbreeding in black currant breeding // Avtoref. Dis. ... Cand. Agricultural Sciences. Michurinsk, 2008. 22 p. [in Russian] (*Щекочихина Е. В.* Использование инбридинга в селекции смородины черной // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2008. 22 с).
- Yandovka L. F.* Pollen fertility in *Cerasus* и *Microcerasus* species (Rosaceae) // Agrarnii vestnik Urala, 2010. no 6 (72). pp. 5–61. [in Russian] (*Яндовка Л. Ф.* Фертильность пыльцы у видов *Cerasus* и *Microcerasus* (Rosaceae) // Аграрный вестник Урала. 2010. № 6 (72). С. 58–61).
- Yandovka L. F., Papikhin R. V.* Microsporogenesis in the *Pyrus*, *Malus*, *Cerasus*, *Microcerasus* varieties and their hybrids // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, 2012, no. 1, pp. 1–8 [in Russian] (*Яндовка Л. Ф., Папихин Р. В.* Микроспорогенез у видов *Pyrus*, *Malus*, *Cerasus* и их гибридов (Rosaceae) // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 1. С. 1–8).
- Erdtman G.* Pollen morphology and plant taxonomy. // Angiosperms. Stockholm, 1952. 539 p.
- Hlukhova N. A., Ponurenko S. G., Zmievska Ye. A.* Peculiarities of winter Rape pollen formation in the Eastern forest-steppe of Ukraine // Селекція і насінництво, 2016, випуск 110, pp. 36–44 [in Ukraine] (*Глухова Н. А., Понуренко С. С., Змієвська О. А.*) Особливості утворення пилку зипаком озимим в умовах східного лісостепу України // Селекція і насінництво. 2016. Випуск 110. pp. 36–44).
- Rehder A.* Manual of cultivated trees and shrubs. New York: Macmillan, 1954, 996 p.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-119-126

УДК 635.21:632.9

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Зотева Н. М.¹, Косарева О. С.¹, Евдокимова З. З.²

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

² Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 188338 Ленинградская область, пос. Сиверский, ул. Институтская, 1, Россия.

Ключевые слова:

картофель, сорта, устойчивость, фитофтороз

Поступление:

12.10.2017

Принято:

17.11.2017

ПОИСК УСТОЙЧИВОГО К ФИТОФТОРОЗУ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СРЕДИ СОРТОВ И КЛОНОВ КАРТОФЕЛЯ

Актуальность. Большие потери урожая картофеля происходят вследствие поражения растений фитофторозом. Болезнь поражает как листья, так и клубни растений. Одним из наиболее конструктивных путей решения проблемы является выведение устойчивых сортов. Для обеспечения современных программ селекции необходимы генетически разнообразные источники устойчивости к болезни. Коллекция картофеля ВИР содержит около 2000 сортов. Изучение образцов сортовой коллекции картофеля в поле в условиях напряженного инфекционного фона, а также в лабораторных экспериментах, с использованием агрессивных изолятов *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, весьма актуально. **Материал и методы.** Изучение сортов картофеля из коллекции ВИР по устойчивости к фитофторозу ботвы и клубней проводили в полевых и лабораторных условиях. С использованием балловой шкалы осуществляли еженедельный мониторинг развития болезни от начала появления первых симптомов на растениях в поле и до уборки урожая. Устойчивость к болезни клубней изучали с помощью оригинального лабораторного метода. При этом учитывали степень интенсивности мицелия по шкале от 0 (отсутствие мицелия) до 3 баллов (интенсивный рост) и размер инфекционного пятна на продольном разрезе клубней по шкале 1–9 баллов.

Результаты и выводы. В условиях сильного распространения инфекции в поле устойчивость проявили сорта разных сроков созревания, среди них и ряд ранних сортов. В лаборатории выявили сорта и селекционные клоны с устойчивостью клубней. Степень устойчивости части образцов колебалась по годам. Коллекция ВИР содержит сорта картофеля с различным сочетанием устойчивости ботвы и клубней (комбинированная устойчивость, устойчивость ботвы/чувствительность клубней, устойчивость клубней/чувствительность ботвы), которые могут служить исходным материалом для селекции. Устойчивость листьев и клубней некоторых сортов может зависеть от различия популяций патогена в разные годы исследований по генам вирулентности.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-119-126

ORIGINAL ARTICLE

N. M. Zoteyeva¹, O. S. Kosareva¹, Z. Z. Evdokimova²

¹N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42–44 Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia, e-mail: zoteyeva@rambler.ru

²Belogorka Research Institute of Agriculture, 1 Institutskaya St., Siversky Town, Leningrad Province, 188338, Russia

Key words:

potato varieties, leaf and tuber resistance, late blight

Received:

12.10.2017

Accepted:

17.11.2017

SEARCH FOR SOURCE MATERIAL WITH LATE BLIGHT RESISTANCE AMONG POTATO VARIETIES AND CLONES

Background. Late blight caused by the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary leads to serious losses in yield worldwide. Disease is affecting both foliage and tubers. The most promising way to solve this problem is the development of cultivars with leaf and tuber resistance to this disease. Such programs require genetically diverse sources of resistance to the pathogen. VIR's collection holds around 2,000 of potato varieties. There is a need to evaluate this collection in the field against an intense infection and in the laboratory using aggressive isolates of *P. infestans*. **Material and methods.** Late blight resistance evaluation was done in the field as well as in the lab. After the appearance of first symptoms, weekly monitoring was performed until the harvesting time using the grade scale from 1 (susceptible) to 9 (resistant). For tuber resistance evaluation, laboratory tests were carried out applying an original method. In tuber tests the symptom score was made taking into account the intensity of the mycelium growth – from 0 (lack of mycelium) to 3 (intensive mycelium growth) – and the diseased lesion size on a longitudinal tuber cross-section using the scale from 1 to 9. **Results and conclusions.** Under a high natural infection pressure in the field, varieties of different maturity types, including early ones, manifested late blight resistance. Tuber late blight resistant varieties and breeding clones were also identified. Part of VIR's collection comprises varieties with only leaf or tuber resistance as well as with combined resistance of both leaves and tubers. Such varieties could be used in potato breeding. Leaf and tuber resistance of some varieties was found to be dependent on the seasonal *P. infestans* population structure and on isolates used for inoculation.

Введение

Многие свойства культуры картофеля – высокая урожайность, ранняя продукция, пищевая ценность и вкусовая привлекательность – определяют высокий потенциал картофеля в решении задач продовольственной безопасности (Devauхе et al., 2014).

Расширение генетического разнообразия сортов является одной из стратегий, защищающих картофель от влияния неблагоприятных экологических условий, включая вариацию качества почв, температурного режима, количества осадков и др. (Lando, Mak, 1994; Bellon, 1996). Во всем мире существует около 4,5 тыс. сортов картофеля (Pieterse, Hils, 2009). Поддержание сортового разнообразия крайне важно и в связи с различиями сортов по способности адаптироваться в новых условиях изменяющегося климата (Wolfe, 2013).

Улучшение признаков продуктивности, качества клубней и устойчивости к болезням может быть достигнуто с использованием генетически разнообразного исходного материала (Mendoza, Haynes, 1974; Corsini et al., 1999). Существенный прогресс в выведении фитофтороустойчивых сортов был достигнут с помощью предварительного отбора источников высокой устойчивости к патогену (Colon et al., 1988; Young et al., 2009).

Среди различных направлений селекции устойчивость к фитофторозу, вызываемому оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, особенно актуальна, поскольку вредоносность патогена очень велика. Она возрастает вследствие полового процесса размножения патогена, при котором происходит рекомбинация генов вирулентности и формируются резистентные к фунгицидам расы (Fry et al., 1993; Fry, Goodwin, 1997; Fry, 2008). Патоген поражает листья, стебли и клубни растений. В селекционных программах предусматривается сочетание различных типов устойчивости – от сверхчувствительности до толерантности к инфекции как листьев, так и клубней. У растений картофеля положительная корреляция между устойчивостью к фитофторозу листьев и клубней

не отмечена. Среди сортов разных сроков созревания позднеспелые чаще проявляют высокую устойчивость к болезни. Задачей многих селекционных программ является создание фитофтороустойчивых клонов с ранними сроками созревания.

Исходный материал по устойчивости к фитофторозу традиционно исследуют в поле при наличии высокого инфекционного фона, а также в лаборатории при инокуляции листьев, клубней и целых растений (Lapwood, 1961; Hodgson, 1962; Knutson, 1962). Изучение материала нередко проводят в рамках международного сотрудничества, используя изоляты, выделенные из популяций *P. infestans*, распространенных в разных регионах мира (Forbes et al., 2005). Выведение новых продуктивных сортов подразумевает сочетание высокой устойчивости с хорошим качеством клубней. Важным признаком является также раннеспелость сортов, уводящая растения от поражения фитофторозом во второй половине августа, когда развитие инфекции достигает высокого уровня.

Цель настоящей работы – выявление среди сортов и селекционных клонов картофеля источников устойчивости листьев и клубней к фитофторозу для последующего использования в селекции.

Материал и методы

Устойчивость сортов из коллекции отдела генетических ресурсов картофеля ВИР изучали на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ПЛ ВИР), где почти ежегодно развитие фитофтороза достигает высокого уровня. Этому способствуют климатические условия Северо-Западного региона с выпадением большого количества осадков, высокой влажностью воздуха и почвы, а также перепадами дневных и ночных температур во второй половине вегетационного периода. Эпифитотии фитофтороза происходят обычно раз в три года. Проведенные нами ранее исследования структуры популяций патогена позволили выявить широкий спектр вирулентности выделенных изолятов *P. infestans* и наличие двух известных

типов совместимости (Vedenyapina et al., 2002; Zoteyeva, Patrikeeva, 2010). В связи с этим, исследования устойчивости растений картофеля к фитофторозу в этих условиях можно считать высоко достоверными.

Материалом для изучения устойчивости ботвы служили 618 сортов. В лабораторных опытах 2011 и 2012 гг. при искусственном заражении клубней изучили устойчивость 21 селекционного сорта из коллекции ВИР; в 2016 г. анализировали устойчивость 24 сортов и 7 селекционных клонов 304/25, 1101/1, 1503/1, 2103/3, 2804/3, 3602/1, 3602/28) из коллекций ВИР и ЛенНИИСХ «Белогорка».

Полевые наблюдения осуществляли в соответствии с методикой М. Sieczka (2001). Обследования проводили каждые 5 дней с начала появления инфекции на контрольных неустойчивых сортах, используя шкалу от 9 (отсутствие симптомов болезни) до 1 (целиком пораженное растение). Устойчивыми считали образцы, на которых развитие болезни составляло 6–9 баллов.

Для оценки устойчивости клубней применяли разработанный нами метод заражения декапитированных клубней (Zoteyeva, Zimnoch-Guzowska, 2004). Оценивали степень поражения клубней изолятами *P. infestans* с 6 (1.3.6.7.10.11) и 8 (1.2.3.4.5.6.8.10.11.) генами вирулентности. В 2016 г. использовали агрессивный изолят, выделенный из листьев сорта 'Бородянский Розовый'. Инокулировали по 3 клубня в двух повторностях. Интенсивность роста мицелия оценивали на шестые сутки после заражения по шкале от 0 (отсутствие мицелия) до 3 (интенсивный рост мицелия). Степень поражения мякоти на продольном разрезе клубня учитывали на 10 сутки после заражения. Использовали шкалу от 1 (восприимчивость) до 9 (высокая устойчивость). В качестве неустойчивого контроля использовали клубни сорта 'Дориза' и 'Приекульский Ранний', устойчивого – сорта 'Невский'.

Результаты и обсуждение

Полевые сезоны 2016 и 2017 гг. характеризовались высоким уровнем раз-

вития фитофтороза, чему способствовало обильное выпадение осадков значительно выше нормы. Появление первых симптомов болезни отмечали в начале июля. Распространение инфекции происходило интенсивно, и уже к концу июля симптомы болезни обнаруживали на растениях более половины сортов. На растениях сорта 'Аврора' с умеренной устойчивостью к фитофторозу симптомы поражения отмечены в середине августа (средний балл 5,5). К концу периода вегетации поражение растений оценивали баллом 5. В отдельные годы этот сорт проявлял устойчивость до конца периода вегетации. Устойчивость растений сорта 'Невский' уже к середине августа оценивалась баллом 4. В этой связи результаты оценки фитофтороустойчивости картофеля в эти эпифитотийные годы можно рассматривать как высоко достоверные.

В 2016 г. среди 106 сортов картофеля ранних сроков созревания устойчивые составляли ровно половину (53 образца). В 2017 г. из 190 изученных ранних сортов устойчивость проявили только 34. Среди 357 сортов из других групп устойчивыми оказались 78. Приводим названия некоторых из них: 'Астра', 'Брянский Красный', 'Гарант', 'Добрыня', 'Зарево', 'Зоряна', 'Кабардинский', 'Катерина', 'Кемеровский', 'Купалинка', 'Кустаревский', 'Лариса Брянская', 'Лебыдь', 'Лира', 'Луговской', 'Магнат', 'Максим', 'Рапсодия', 'Талисман', 'Оксамит 99', 'Ольвия'. Интересен для селекции на фитофтороустойчивость сорт 'Сеянец Лаптева', который до срока уборки оставался без симптомов фитофтороза и других болезней (балл 9,0). Усиление симптомов фитофтороза на растениях сорта 'Аврора', ежегодно используемого в обсадках, в 2016 г. наступило раньше, чем в 2017 г. Сравнение данных показало, что сорта 'Белоснежка', 'Белуха', 'Веселовский 2-4', 'Кормилец', 'Красавица', 'Красная Заря', 'Лазарь', 'Матс', 'Мустанг', 'Никкулинский', 'Русский Сувенир', 'Тулевский', 'Чая' проявляли высокую устойчивость (баллы 7–9) в условиях

2016 г., а в 2017 г. их устойчивость была несколько ниже. При этом некоторые сорта ('Колобок', 'Кристалл', 'Наука', 'Рамзай') сильнее поражались в 2016 г. Хотя 2016 г., характеризовавшийся обильным выпадением осадков во второй половине вегетационного периода, был благоприятен для развития фитофтороза, в 2017 г., также отличавшимся обилием дождей, инфекционный прессинг в целом оказался сильнее.

Таблица 1. Устойчивость к *P. infestans* клубней сортов картофеля из коллекции ВИР
Table 1. Tuber resistance to *P. infestans* in potato varieties from the VIR collection

Сорт	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл
	2011 г.		2012 г.	
Dorisa	3	5	3	4,8
Estrella	3	2	3	2
Karlana	3	6	3	4,5
Акцент	3	5	3	5
Ветразь	1,5	7	3	6,2
Гарминия	0,5	5	1	4,8
Купава	1	5	-	-
Купалинка	0	8	0	5,5
Маг	0	7	1,2	6
Наяда	0,5	6	0,5	5,8
Повинь	2	5	2	4,4
Полиська	0,5	6	1,8	4,7
Престиж	0	6	-	-
Свенский	1	7	1,5	6,5
Тобол	0,7	6	-	-
Тохтар	1	4	2	3,5
Фантазия	2	7	2	5,8
Фиолетик	0,5	7	1	6
Червона Рута	0,5	6	-	-
Юпитер	0	7	1	5,8
Янка	1	5	2	4
Контроль				
Невский	0	7	0	6,2
Дориза	3	3,2	3	3,0

В лабораторных опытах 2011 и 2012 гг. часть сортов проявила одинаковую реакцию на заражение клубней *P. infestans* в оба года изучения. Наиболее высокая устойчивость выявлена у сортов 'Ветразь', 'Маг', 'Свенский', и 'Фиолетик'; умеренной устойчивостью характеризовались 'Купалинка', 'Фантазия' и 'Юпитер' (табл. 1). По результатам од-нолетнего изучения устойчивость клубней найдена у сортов 'Престиж', 'Тобол' и 'Червона Рута'. Степень устойчивости сортов 'Купалинка', 'Маг', 'Полиська', 'Фантазия', 'Фиолетик' и 'Юпитер' различалась по

годам и могла зависеть от использованных изолятов *P. infestans*. Применявшиеся изоляты патогена различались по уровню агрессивности. Более агрессивным был изолят, выделенный из популяции *P. infestans* 2012 г., который вызывал более сильные симптомы фитофтороза на клубнях части сортов и контрольного сорта 'Невский' (см. табл. 1).

Часть сортов из коллекции ВИР характеризуется многими ценными признаками: повышенной урожайностью, устойчивостью к другим болезням (альтернариоз, ризоктониоз, вирусные инфекции), однако проявляет слабую устойчивость ботвы к фитофторозу. В связи с этим необходимо шире проводить изучение устойчивости клубней у сортов с разной степенью устойчивости листьев. В полевых обследованиях сорта 'Брянский Ранний', 'Теща' проявляли чувствительность листьев к фитофто-

розу. Данные лабораторной оценки показали, что у этих сортов устойчивость к фитофторозу клубней превосходит устойчивость ботвы. Среди других изученных в 2016 г. образцов картофеля, характеризующихся разной степенью поражаемости ботвы, устойчивость клубней отмечена у сортов 'Брянский Ранний', 'Валентина', 'Гауя', 'Звездочка', 'Лина', 'Рябинушка' и 'Теща'. Умеренной устойчивостью характеризовались 'Антонина', 'Ирбитский', 'Красавица', 'Лекарь' и 'Русский Сувенир' (табл. 2). Слабый рост мицелия отмечен на срезах клубней сортов 'Аметист', 'Мусинский' и 'Фермер', его отсутствие – у сортов 'Гауя', 'Лекарь' и 'Теща'.

Устойчивость клубней найдена у двух (304/25 и 3602/28) из семи изученных гибридных клонов из коллекции Ленинградского НИИСХ. Умеренную устойчивость проявили три клона: 1101/1, 2103/3 и 3602/1.

Таблица 2. Устойчивость к фитофторозу клубней сортов картофеля (2016 г.)

Table 2. Tuber resistance to *P. infestans* in potato varieties in 2016

Сорт	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл	Сорт	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл
Аврора	2	4,6	Лекарь	0	5,5
Аметист	0,7	5,0	Лина	0,5	6,0
Антонина	1	5,5	Мусинский	0,1	5
Барон	3	4,0	Призер	1	5
Белуха	2	4,0	Ресурс	1	5,0
Брянский Ранний	1	6,0	Русский Сувенир	1	5,5
Валентина	1	5,8	Рябинушка	1	6
Гауя	0	6,5	Теща	0	6,8
Жигулевский	1,5	4,5	Удовицкий	2	5
Звездочка	1,5	6	Утенок	1,5	5
Ирбитский	1	5,5	Фермер	0,5	4
Красавица	2,5	5,5	Фрителла	0,5	3
контроль Приекульский Ранний				3	2

Заключение

При оценке устойчивости к фитофторозу коллекции картофеля ВИР отмечено, что в разные годы устойчивость части сортов колеблется в зависимости от особенностей популяции *Phytophthora infestans*. Большинство образцов характеризуется стабильным уровнем устойчивости, некоторые сорта (например, 'Невский') с течением времени теряют устойчивость. Среди образцов коллекций ВИР и ЛенНИИСХ выявлены сорта ('Валентина', 'Звездочка', 'Красавица', 'Русский Сувенир', 'Фиолетик' и др.), сочетающие высокую и умеренную устойчивость ботвы и клубней. Коллекция картофеля ВИР содержит сорта, обладающие рядом ценных признаков, которые характеризуются чувствительностью ботвы к фитофто-

розу. У некоторых из них найдена устойчивость клубней, что может обеспечить их сохранность в годы с сильным распространением болезни. Сорта с устойчивостью к фитофторозу клубней и/или ботвы могут быть использованы в дальнейшей селекции картофеля.

Данные исследования выполнены при частичной поддержке гранта Российского Научного Фонда (проект № 16-16 041125).

Часть работы, включающая полевую оценку устойчивости ботвы селекционных сортов, выполнена при поддержке гранта РФФ (проект № 16-16 041125); проведение опытов по устойчивости клубней – при Гос. поддержке (в рамках реализации Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы (Раздел IV «Растениеводство»).

References/Литература

- Bellon M. R. The dynamics of crop intraspecific diversity: a conceptual framework at the farmer level // *Economic Botany*, 1996, vol. 50 (1), pp. 26–39.
- Corsini D., Stark J., Thornton M. Factors contributing to the black spot bruise potential of Idaho potato fields // *Amer. J. Potato Res.*, 1999, vol. 76, pp. 221–226. DOI: org/10.1007/BF02853626
- Colon L. T., Budding D. J., Hoogendoorn J. Breeding for foliar resistance to *Phytophthora infestans* in potato: The influence of test conditions on the results of screening for field resistance // In: L. J. Dowley, E. Bannan, L. R. Cooke, T. Keane, E. O'Sullivan (Eds), *Phytophthora infestans*, 1995, Boole Press Ltd., Dublin, Ireland, pp. 282–288.
- Devaux A., Kromann P., Ortiz O. Potatoes for sustainable global food security // *Potato Res.*, 2014. DOI:10.1007/s11540-014-9265-1.
- Fry W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer // *Mol. Plant Pathol.*, 2008, vol. 9, no. 3, pp. 385–402. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x
- Fry W. E., Goodwin S. B. Resurgence of the Irish potato famine fungus // *BioScience* 1997, vol. 47, no. 6, pp. 363–371.
- Fry W. E., Goodwin S. B., Dyer A. T., Matuszak J. M., Drenth A., Tooley P. W., Sujkowski L. S., Ko Y. J., Cohen B. A., Spielman L. J., Deahl K. L., Inglis D. A., Sandlan K. P. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways, and implications // *Plant Disease*, 1993, vol. 77, no. 7, pp. 653–661.
- Forbes G. A. et al. Stability of resistance to *Phytophthora infestans* in potato: an international evaluation // *Plant Pathol.*, 2005, vol. 54, pp. 364–372.
- Hodgson W. Studies on the nature of partial resistance in the potato to *Phytophthora infestans* // *Amer. J. Potato Res.*, 1962, vol. 39, pp. 8–13.
- Knutson K. Studies on the nature of field resistance of the potato to late blight // *Amer. J. Potato Res.* 1962, vol. 39, pp. 152–162.
- Lando R. P., Mak S. Cambodian farmers' decision making in the choice of traditional rain fed lowland rice varieties // *IRRI Research Paper Series* 1994, pp. 154.
- Lapwood D. Laboratory assessments of the susceptibility of potato haulm to blight (*Phytophthora infestans*) // *European Potato Journal*, 1961, vol. 4, pp. 117–127.

- Mendoza H. A., Haynes F. L. Genetic basis of heterosis for yield in the autotetraploid potato // *European Potato Journal*, 1974, vol. 45, no. 1, pp. 21–25.
- Pieterse L., Hils U. World Catalogue of Potato Varieties 2009/10 // Agrimedia, 2009.
- Sieczka M. Assessment of potato for resistance to *Phytophthora infestans* under natural infection pressure. Monografie i rozprawy naukowe 10b/ 2001. IHAR, Radzikow, PL. 2001, pp. 78–80 [in Russian] М. Сечка. Оценка устойчивости картофеля к *Phytophthora infestans* в условиях естественного инфекционного фона. Монография и розпрawy naukowe 10b/ 2001. IHAR, Radzikow, PL. 2001, pp. 78–80.
- Vedenyapina E. G., Zoteyeva N. M., Patrikeyeva M. V. *Phytophthora infestans* in Leningrad Region: genes for virulence, mating types and oospore fitness. *Micologia i fitopatologia*, 2002, vol. 36, iss. 6, pp. 77–85 [in Russian] (Веденяпина Е. Г., Зотеева Н. М., Патрикеева М. В. *Phytophthora infestans* в Ленинградской области: гены вирулентности, типы совместимости и жизнеспособность ооспор // Микология и фитопатология, 2002. Т. 36. Вып. 6. С. 77–85).
- Wolfe D. W. "Contributions to Climate Change Solutions from the Agronomy Perspective." // *Handbook of Climate Change and Agroecosystems: Global and Regional Aspects and Implications*, 2013, no. 2, pp. 11.
- Young G. K., Cooke L. R., Kirk W. W., Tumbalam P., Perez F. M., Deahl K. L. Influence of competition and host plant resistance on selection in *Phytophthora infestans* populations in Michigan, USA and in Northern Ireland // *Plant Pathology*, 2009, 58: 703-714. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2009.02043.x.
- Zoteyeva N., Zimnoch-Guzowska E. New method of the assessment of the potato tuber resistance to late blight // *Micologia i fitopatologia*, vol. 38, no. 1, 2004, pp. 89–93 [in Russian] (Зотеева Н., Зимнох-Гузовска Е. Новый метод оценки устойчивости клубней картофеля к фитофторозу // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. № 1. С. 89–93).
- Zoteyeva N. M., Patrikeyeva M. V. Phenotypic characteristics of North-West Russian populations of *Phytophthora infestans* (2003-2008) // PRO-Special report no. 14. December 2010 / Ed. H.T.A.M. Schepers. Wageningen, NL. pp. 213–216.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-127-134

УДК 575.22.+577.2+582.542.1

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

К. С. Добрякова

Ботанический институт имени
В. Л. Комарова РАН, Россия,
197376, Санкт-Петербург, ул. Про-
фессора Попова, д. 2,
e-mail: kdobryakova@mail.ru

**АЛЛОПОЛИПЛОИДИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГЕНОМОВ
ВИДОВ ELYMUS L. (ОБЗОР)****Ключевые слова:**

Elymus, молекулярная филогения, гибридизация

Поступление:

12.07.2017

Принято:

17.11.2017

Ботаники-систематики, широко понимающие границы рода *Elymus* L. (Пырейник) из трибы Пшеницевые, насчитывают 22 вида этого рода в Европе и 53 вида во флоре России. Все эти виды – аллополиплоиды с субгеномами St, Y, H и кариотипами StStYY ($2n = 28$), StStHH ($2n = 28$) и StStYYHH ($2n = 42$). Сразу отметим, что St-геном – неперенный элемент кариотипов всех видов рода *Elymus*, получен ими от предка из рода *Pseudoroegneria*. H-геном получен *Elymus* от предков из рода *Hordeum* L. Донор субгенома Y, который присутствует в кариотипе большинства азиатских видов рода *Elymus*, до сих пор однозначно не определен. В соответствии с геномной концепцией рода в трибе Triticeae, согласно которой в один род объединяют виды с одинаковым по номенклатуре набором гапломов в кариотипе, предлагается сохранить название рода *Elymus* только за видами с кариотипами StStHH/StStHHHH/StStStHH. В этом случае, виды с кариотипами StSt получают родовое имя *Pseudoroegneria* (Nevski) Á. Löve, а виды с кариотипами StStYY – *Roegneria* C. Koch. И, наконец, к роду *Campeiostrachys* Drobov в этом случае относят аллогексаплоиды с кариотипами StStYYHH. Отметим при этом, что привлекательное с генетической точки зрения разделение видов по родам на основании состава геномов/кариотипов не всегда согласуется с дискретностью природных рас/популяций Пшеницевых по морфологическим признакам.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-127-134

ORIGINAL ARTICLE

K. S. Dobryakova

V. L. Komarov Botanical Institute of the RAS, 2 Professora Popova St., St. Petersburg, 197376, Russia, e-mail: kdobryakova@mail.ru

Key words:

Elymus, molecular phylogeny, hybridization

Received:

12.07.2017

Accepted:

17.11.2017

ALLOPOLYPLOIDY AND ORIGIN OF GENOMES IN THE ELYMUS L. SPECIES (A REVIEW)

Botanical taxonomists, who understand the borders of the genus *Elymus* L. from the Triticeae tribe rather broadly, account for 22 species of this genus in Europe, and 53 species in the Russian vegetation. All these species are allopolyploids, with the subgenomes St, Y, H and karyotypes StStYY ($2n = 28$), StStHH ($2n = 28$) and StStYYHH ($2n = 42$). It should be mentioned here that the St genome, being an irreplaceable element of all *Elymus* species' karyotypes, was inherited from the ancestor of the genus *Pseudoroegneria*. *Elymus* received the H genome from the ancestors of the genus *Hordeum* L. The donor of the Y subgenome, present in the karyotype of most Asian species of *Elymus*, has not yet been unequivocally identified. In compliance with the genomic concept of the genus in the Triticeae tribe, when the types with a set of haplomes in the karyotype similar in their nomenclature, are combined to one genus, we propose to retain the name of the genus *Elymus* only for the species with the StStHH / StStHHHH / StStStStHH karyotypes. In this case, the species with the StSt karyotypes would receive the generic name *Pseudoroegneria* (Nevski) Á. Löve, and those with the StStYY the name *Roegneria* C. Koch. And finally, allohexaploids with the StStYYHH karyotypes should be attributed to the genus *Campeiostrachys* Drobov. It needs to be noted that the division of species into genera based on their genome/karyotype composition, however attractive in the context of genetics it may seem, doesn't always correlate with the discreteness of natural Triticeae races/populations in their morphological traits.

История изучения систематики рода *Elymus* L.

Род *Elymus* L. (Пырейник) является одним из крупнейших родов трибы Triticeae семейства Злаки (Poaceae) и включает в себя 150 видов в соответствии с системами рода, предложенными Löve (1984), Dewey (1984) и Sun, Zhang (2011). Пырейники произрастают в арктических и умеренных климатических зонах северного и южного полушарий, занимая при этом различные экологические ниши: луга, горные склоны, лесные поляны (Tsvelev, 1976; Sun, Salomon, 2009; Kole, 2011; Sun, Zhang, 2011). Все виды *Elymus* являются аллополиплоидами (Tsvelev, 2008; Sun, Zhang, 2011; Mason-Gamer, 2013), в составе рода нет первичных диплоидов (с $2n = 14$, $x = 7$) (Probatova, 2007; Mason-Gamer, 2013). В России в основном распространены виды с геномными формулами: StH, StY и StHY (Agafonov, 2004), по современным данным (Tsvelev, Probatova, 2010) на территории РФ произрастает 53 вида *Elymus* с геномными конституциями: StH, StY ($2n = 4x = 28$) и StHY ($2n = 6x = 42$) (Gerus, Agafonov, 2011), согласно системе номенклатуры геномов Triticeae (Wang et al., 1994).

В своих работах выдающийся агро-столог Н. Н. Цвелев подробно и четко описал морфологические особенности представителей рода *Elymus* s. str. (Tsvelev, 1976; 2008; Tsvelev, Probatova, 2010). После критической ревизии коллекций гербарного материала видов *Elymus*, хранящихся в Гербарии БИН РАН (LE), а также с учетом последних флористических сводок Н. Н. Цвелев (Tsvelev, 2008) и Цвелев и Пробатова (Tsvelev, Probatova, 2010) предложили новую систему этого рода. Особо надо отметить многолетние биосистематические исследования внутривидового полиморфизма и межвидовых взаимоотношений сибирских представителей рода *Elymus*, выполненные А. В. Агафоновым и его учениками, которые значительно углубили наши представления об отношениях видов в роде. Отметим, также,

А. В. Агафонов разработал концепцию рекомбинационных и интрогрессивных пулов в составе рода (обзоры: Agafonov, 2004, 2008, Agafonov et al., 2015).

История изучения геномной конституции видов рода *Elymus* L.

Определение границ родов и их отношений с другими видами Triticeae является одной из наиболее сложных проблем классификации трибы (Tsvelev, Probatova, 2010; Mason-Gamer, 2013). Триба Triticeae включает в себя множество автополиплоидных и аллополиплоидных таксонов (Tsvelev, 1976). Полиплоидия, появляющаяся в результате либо дублирования одного полного генома (автополиплоидия), либо из комбинации двух или более дифференцированных геномов (аллополиплоидия), представляет распространенный путь видообразования у растений (Liu et al., 2006; Rodionov, 2013). Полиплоидия обеспечивает естественным гибридам устойчивость к повышению и понижению температуры, засухе, полиплоиды легче адаптируются к неблагоприятным факторам среды, чем их диплоидные предки. Растения, относимые к роду *Elymus*, могут давать гибриды и при опылении пыльцой других родов. Так, в природе Дальнего Востока встречается гибрид $\times Elyhordeum = Elymus \times Hordeum$ (Probatova, 2007). Можно получить межродовые гибриды между *Elymus* и *Triticum* L., *Secale* L., *Pseudoroegneria Nevski* Á. Löve, *Agropyron Gaertn.* (Torabinejad, Mueller, 1993; Kim et al., 2008; Okito, 2008). Возможность межродового скрещивания обусловлена общностью происхождения геномов у представителей разных родов Пшеницевых. Наибольшее сходство между геномами наблюдается у видов, имеющих общие ареалы обитания, также показано, что сходство геномов видов родов *Elymus* и *Pseudoroegneria* уменьшается с увеличением расстояния между местами их произрастания (Okito, 2008). St-геном является геномом (субгеномом), который входит в состав геномов всех видов рода

Elymus и передан им, предположительно, от рода *Pseudoroegneria* (Dewey, 1967). Н-геном произошел от рода *Hordeum* (Dewey, 1971), Р и W геномы получены *Elymus* от гипотетических предков из родов *Agropyron* и *Australopyrum* (Tsvelev, Löve (Jensen, 1990; Torabinejad, Mueller, 1993), соответственно. Донор генома Y, который присутствует в большинстве азиатских видов рода *Elymus*, до сих пор не определен (Mason-Gamer, 2013), но последние работы показывают, что субгеномы St и Y имеют общий предковый геном (Liu et al. 2006; Okito et al., 2009). Начиная с 80-х годов XX века, систематическое положение рода *Elymus* s.l. пересматривалась многими авторами за счет включения в него других родов трибы Triticeae (Barkworth, 1992). С начала 1990-х годов стала проявляться противоположная тенденция, были высказаны предложения по выделению видов с геномным составом StYP в особый род *Kengyilia* C. Yen & J. L. Yang (Yang et al., 1990), видов с StY геномной конституцией в род *Roegneria* C. Koch (Baum et al., 1991; Jensen, Chen, 1992). Цитогенетические исследования видов *Elymus* трибы Пшеницевые убедительно доказали отсутствие первично диплоидных видов в роде (с $2n = 14$), наименьшее число хромосом у пырейников – $2n = 28$, виды рода являются целиком гибридогенными (Dewey, 1984; Löve, 1984; Tsvelev, Probatova, 2010). Основываясь на результатах цитогенетических наблюдений и гибридологическом анализе, D. Dewey (1984) и A. Löve (1984) предложили разделять рода трибы Пшеницевые в соответствии с особой геномной конституцией каждого рода. Руководствуясь этими идеями D. Dewey и A. Löve и предложенным ими геномным критерием рода (для каждого рода характерен особый состав геномов), C. Yen с соавторами (Yen et al., 2005) разделили род *Elymus* s.l. на шесть родов строго в соответствии с геномной конституцией

– *Douglasdeweya* C. Yen, *J. L. Yang* & *B. R. Baum* (PPStSt), *Roegneria* (StStYY), *Anthosachne* Steudel (StStWWYY), *Kengyilia* (PPStStYY), *Campeiostrachys* Drob. (HHStStYY) и *Elymus* (StStHH, StStStHH). Этот подход привлекателен, однако, пока еще не используется последовательно в последних обработках рода *Elymus* (см. Tsvelev, 2008; Tsvelev, Probatova, 2010). Отметим, что на данный момент в России известно 53 вида пырейников (Tsvelev, Probatova, 2010), которые подразделены на 4 секции: *Turczaninovia*, *Goulardia* (8 подсекций), *Clinelymopsis* и *Elymus* (рисунок).

Геносистематика (молекулярная филогения) в истории изучения рода *Elymus* L.

Классическая систематика, основанная на изучении морфологических признаков (фенотипов), по мнению Э. Майра, «есть научное исследование различных организмов, их разнообразия, а также всех и каждого взаимоотношений между ними» (Mayr, 1971). В конце XX века, в связи с развитием методологической базы молекулярной биологии, возникло новое направление в систематике – систематика генотипов. Геносистематика – наука, «которая изучает все разнообразие генотипов организмов, все и каждое взаимоотношения между ними» (Antonov, 2006). Термин «геносистематика» (систематика генотипов) был предложен биохимиком, молекулярным биологом А. С. Антоновым в 1973 году (Antonov, 1973; 1974). Согласно мнению А. С. Антонова (Antonov, 2006), геносистематика растений является новым, современным разделом систематики. Данная дисциплина возникла на стыке нескольких биологических наук, «в первую очередь биохимии, молекулярной биологии и генетики, и ряда разделов классической ботаники, а также биоинформатики» (Antonov, 2006).

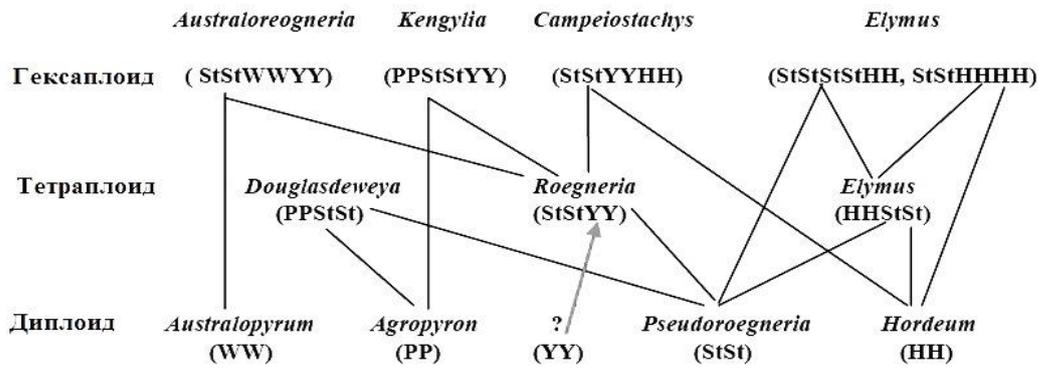


Рисунок. Филогенетические взаимоотношения между родами ,poryporgA : Australopyrum, Australoreogneria, Elymus, Hordeum, Kengyilia, Campeioestachys, Douglasdeweya, Pseudoroegneria и Roegneria, согласно Yen с соавторами (Yen et al. 2005)

Figure. Phylogenetic relationships between the genera: Agropyron, Australopyrum, Australoreogneria, Elymus, Hordeum, Kengyilia, Campeioestachys, Douglasdeweya, Pseudoroegneria and Roegneria, according to Yen et al. (2005)

Следует отметить, что А. Н. Белозерский и А. С. Спирин (Belozersky, Spirin, 1960) опубликовали одними из первых обзор, посвященный сравнительной биохимии нуклеиновых кислот, дисциплине, которая предшествовала геносистематике (Antonov, 2006). Зарубежные работы по данной тематике появились только спустя десятилетия (например, Diamond, 1983). Число публикаций в области геносистематики увеличивается с каждым годом (Pagel, 1999; Antonov, 2006). Различные молекулярные маркеры используют для молекулярно-филогенетических исследований видов рода *Elymus*. Например, с помощью методик RFLP and RAPD были выяснены геносистематические связи между многими видами внутри рода *Elymus*, а также между видами родов *Elymus*, *Hordelymus* (Jess.) Harz и *Agropyron* (Svitashev et al., 1998). Савчкова с соавторами (Savchкова и др., 2003) успешно применили метод Полиморфизма Длины Амплифицированных Фрагментов (AFLP) для выяснения молекулярно-филогенетических отношений внутри комплекса видов (согласно Н. Н. Цвелеву и Н. С. Пробатовой (2010)) *E. dahuricus* aggr. (Kobozeva, 2014). Маркеры RAPD, STS и SCAR были применены для определения геномного состава многих видов *Elymus*, с помощью данных маркеров были выявлены субгеномы St, Y, H,

входящие в состав геномов пырейников (Zhou et al., 2013). Для установления геносистематических отношений между видами *Elymus* применяли SRAP и ISSR маркеры (Zhou et al., 2013; Kobozeva, 2014). Современной популярной тенденцией в молекулярной филогении является использование нескольких маркеров (методов) при проведении исследования. Например, StHY-геномные пырейники были исследованы с использованием методов AFLP и SSR, а также с привлечением нуклеотидных последовательностей DMC1, ITS, trnL-trnF (Chen et al., 2013). Для выяснения происхождения геномов H и Y евроазиатских, североамериканских и южноамериканских видов рода *Elymus* R. J. Mason-Gamer (2001) использовала последовательности ядерных низкокопийных генов PERC (фосфоенолпируват карбоксилазы) и GBSSI (ген гранул-связанной синтазы крахмала I). В более поздней работе R. J. Mason-Gamer (2013) использовала последовательности генов trnT, trnL, trnF и спейсеров и гена groA генома хлоропластов и трех низкокопийный ядерных генов (PERC, бета-амилазы) для реконструкции молекулярно-филогенетических взаимоотношений видов *Elymus*.

Заключение

А. В. Агафонов (Agafonov, 2004) и его сотрудники (Sachkova и др., 2003; Gerus, Agafonov, 2011; Kobozeva и др., 2011; 2012) рассматривают систему видов рода *Elymus* как сложный интрогрессивно-рекомбинационный комплекс в разной степени изолированных друг от друга природных рас. Если следовать терминологии, предложенной Р. В. Камелиным (Kamelin, 2009), род *Elymus* представляет собой сложный, интрогрессивно-межвидовой комплекс, отношения природных эколого-географических рас (видов, подвидов, разновидностей) которого еще следует изучить, в

том числе и с помощью современных методов молекулярной филогении (геносистематики). Такого рода исследование тем более актуально, потому что после происходящих в природе процессов межвидовой гибридизации в геномах растений происходит определенный цикл сложных преобразований геномов (Adams, Wendel, 2005; Comai, 2005). На какой стадии реорганизации геномов находятся каждый из исследуемых нами видов *Elymus* флоры России в настоящий момент неизвестно, однако, изучение разнообразия геномов рода *Elymus*, по-видимому, является необходимым этапом на пути построения научно-обоснованной системы этого сложного рода.

References/Литература

- Adams K. L., Wendel J. F. Polyploidy and genome evolution in plants // *Current Opinion in Plant Biology*, 2005, vol. 8, no. 2, pp. 135–141.
- Agafonov A. V. Intraspecific structure and reproductive relationships between *Elymus mutabilis* and *E. transbaicalensis* (Poaceae) in Southern Siberia from the viewpoint of taxonomical genetics // *Russian Journal of Genetics*, 2004, vol. 40, no. 11, pp. 1490–1501 [in Russian] (Агафонов А. В. Внутривидовая структура и репродуктивные отношения между *Elymus mutabilis* и *E. transbaicalensis* (Poaceae) в Южной Сибири с позиций таксономической генетики // *Генетика*. 2004. Т. 40. № 11. С. 1490–1501).
- Agafonov A. V. Biosystematic study of complex *Elymus macrourus* – *E. jacutensis* and the critical taxon *E. ircuitensis* (Triticeae: Poaceae) // *Plant Life of Asian Russia*, 2008, no. 2, pp. 20–32 [in Russian] (Агафонов А. В. Биосистематическое исследование комплекса *Elymus macrourus* – *E. jacutensis* и критического таксона *E. ircuitensis* (Triticeae: Poaceae) // *Растительный мир Азиатской России*. 2008. № 2. С. 20–32).
- Agafonov A. V., Kobozeva E. V., Asbaganov S. V., Shmakov N. A. Current achievements and perspective view for construction of a phylogenetically oriented system of taxa in the genus *Elymus* (Poaceae: Triticeae) // *Problems of Botany of South Siberia and Mongolia* (25–29 may 2015, Barnaul) Barnaul: Altai State University, 2015, pp. 314–322 [in Russian] (Агафонов А. В., Кобозева Е. В., Асбаганов С. В., Шмаков Н. А. Современные достижения и перспективы в построении филогенетически ориентированной системы таксонов рода *Elymus* (Poaceae: Triticeae) // *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии* (25–29 мая 2015 г., Барнаул). Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2015. С. 314–322).
- Antonov A. S. Experimental substantiation of some concepts of genosystematics: Dis. Dr. Biol. Sciences. Moscow: MSU, 1973, 297 p. [in Russian] (Антонов А. С. Экспериментальное обоснование некоторых концепций геносистематики: Дисс. ... д-ра биол. наук. М.: МГУ, 1973. 297 с.).
- Antonov A. S. Genosystematics: achievements, problems and outlook // *Biology Bulletin Reviews*, 1974, vol. 77, no. 2, pp. 31–47 [in Russian] (Антонов А. С. Геносистематика: достижения, проблемы и перспективы // *Успехи современ. биологии*. 1974. Т. 77. № 2. С. 31–47).
- Antonov A. S. Plant genotypes systematics. Moscow: ИКС «Academkniga», 2006. 293 p. [in Russian] (Антонов А. С. Геносистематика растений. М.: Академкнига, 2006. 293 с.).
- Barkworth M. E. Taxonomy of the Triticeae: a historical perspective // *Hereditas*, 1992, vol. 116, suppl. 1, pp. 1–14.
- Baum B. R., Yen C., Yang J. L. Roegneria: its generic limits and justification for its recognition // *Can. J. Bot.*, 1991, vol. 69, pp. 282–294.
- Belozersky A. N., Spirin A. S. Nucleic acid composition and systematics. *Izvestiya Akad.*

- Nauk SSSR, Ser. Biol. – Bulletin of the USSR Academy of Sciences, Biol. Ser., 1960, no. 1. pp. 64–72 [in Russian] (Белозерский А. Н., Спиринов А. С. Состав нуклеиновых кислот и систематика // Изв. АН СССР Сер. биол. 1960. №1. С. 64–72).
- Chen S. L. Molecular phylogeny of hexaploid species with St, H, Y genome in Triticeae / S. Chen [et al.] // 7 International Triticeae Symposium (Chengdu, China, June 9–13, 2013): book of abstr. [S.I.], 2013. p. 52.
- Comai L. The advantages and disadvantages of being polyploid // Nature Reviews Genetics, 2005, vol. 6, no. 11, pp. 836–846.
- Dewey D. R. Synthetic hybrids of *Agropyron scribneri* × *Elymus juncea* // Bull. Torrey Club, 1967, vol. 94, pp. 388–395.
- Dewey D. R. Synthetic hybrids of *Hordeum bogdanii* with *Elymus canadensis* and *Sitanion hystrix* // Amer. J. Bot., 1971, vol. 58, pp. 902–908.
- Dewey D. R. The genomic system of classification as a guide to intergeneric hybridization with the perennial Triticeae // In Gustafson, J.P. (Ed.): Gene manipulation in plant improvement, 1984, Plenum Publ. Corp. New York, pp. 209–279.
- Diamond J. M. Taxonomy by nucleotides // Nature, 1983, vol. 305, pp. 17–18.
- Gerus D. E., Agafonov A. V. Genetic diversity in natural *Elymus fibrosus* (Triticeae: Poaceae) populations assessed from endosperm storage proteins // Russian Journal of Genetics: Applied Research, 2011, vol. 15, no. 3, pp. 531–539 [in Russian] (Герус Д. Е., Агафонов А. В. Генетическое разнообразие в природных популяциях *Elymus fibrosus* (Triticeae: Poaceae) по запасным белкам эндосперма // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2011. Т. 15. № 3. С. 531–539).
- Jensen K. B. Cytology and taxonomy of *Elymus kengii*, *E. grandiglumis*, *E. alatavicus* and *E. batalinii* (Triticeae: Poaceae) // Genome, 1990, vol. 33, pp. 668–673.
- Jensen K. B., Chen S. L. An overview: Systematic relationships of *Elymus* and *Roegneria* (Poaceae) // Hereditas, 1992, pp. 127–132.
- Kamelin R. V. The peculiarities in flowering plants speciation // Trudy Zoologicheskogo instituta RAN – Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 2009, suppl. 1, pp. 141–149 [in Russian] (Камелин Р. В. Особенности видообразования у цветковых растений // Тр. Зоологического института РАН. Приложение 1. 2009. С. 141–149).
- Kim N. S., Fedak G., Han F., Cao W. Cytogenetic analyses of intergeneric hybrids between barley and nine species of *Elymus* // Genome, 2008, vol. 51, no. 11, pp. 897–904.
- Kobozeva E. V. Species specificity and taxonomic relationships of StY-genomic group species of the genus *Elymus* L. of Asian Russia // Cand. biol. sci. diss. thesis. Novosibirsk: Central-Siberian Botanical Garden, 2014, 227 p. [in Russian] (Кобозева Е. В. Видовая специфичность и таксономические взаимоотношения видов StY-геномной группы рода *Elymus* L. Азиатской России. Дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск: Центрально-Сибирский ботанический сад, 2014. 227 с.).
- Kobozeva E. V., Gerus D. E., Ovchinnikova S. V., Agafonov A. V. Taxonomic relationships between StY-genome species *Elymus ciliaris* and *E. amurensis* (Poaceae) // Turczaninowia, 2011, vol. 14, no. 3, pp. 35–44. [in Russian] (Кобозева Е. В., Герус Д. Е., Овчинникова С. В., Агафонов А. В. Таксономические взаимоотношения между StY геномными видами *Elymus ciliaris* и *E. amurensis* (Poaceae) // Turczaninowia. 2011. Т. 14. № 3. С. 35–44).
- Kobozeva E. V., Ovchinnikova S. V., Agafonov A. V. Variation and taxonomic relationships between StY-genome species *Elymus pendulinus*, *E. brachypodioides* and *E. vernicosus* (Triticeae: Poaceae) // Plant Life of Asian Russia, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 87–93 [in Russian] (Кобозева Е. В., Овчинникова С. В., Агафонов А. В. Изменчивость и таксономические взаимоотношения между StY-геномными видами *Elymus pendulinus*, *E. brachypodioides* и *E. vernicosus* (Triticeae: Poaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2012. Т. 10. № 2. С. 87–93).
- Kole C. (ed.). Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Legume Crops and Forages // Springer. Berlin, 2011, 321 p.
- Liu Q., Ge S., Tang H., Zhang X., Zhu G., Lu B. R. Phylogenetic relationships in *Elymus* (Poaceae: Triticeae) based on the nuclear ribosomal internal transcribed spacer and chloroplast trnL-F sequences // New Phytol., 2006, vol. 170, pp. 411–420.
- Löve A. Conspectus of the Triticeae // Feddes Rep, 1984, vol. 95, pp. 425–521.
- Mason-Gamer R. J. Origin of North American *Elymus* (Poaceae: Triticeae) allotetraploids based on granule-bound starch synthase gene sequences // Systematic Botany, 2001, vol. 26, pp. 757–768.
- Mason-Gamer R. J. Phylogeny of a genomically diverse group of *Elymus* (Poaceae) al-

- lopolyploids reveals multiple levels of reticulation // *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 11, e78449.
- Mayr E. Principles of Systematic Zoology. Moscow: «Mir», 1971, 454 p. [in Russian] (Майр Э. Принципы зоологической систематики. М.: Мир, 1971. 454 с.).
- Okito P., Mott I. W., Wu Y., Wang R. R. C. A Y-genome specific STS marker in *Pseudoroegneria* and *Elymus* species (Triticeae: Gramineae) // *Genome*, 2009, vol. 52, pp. 391–400.
- Pagel M. Irifening the historical patterns of biological evolution // *Nature*, 1999, vol. 401, pp. 877–884.
- Probatova N. S. Chromosome numbers in Poaceae and their significance for taxonomy, phylogeny and phytogeography (on the example of the Russian Far East). *Komarovskie Chteniya – Readings Komarovsky, Vladivostok*, 2007, vol. 55, pp. 9–103 [in Russian] (Пробатова Н. С. Хромосомные числа в семействе Поаеае и их значение для систематики, филогении и фитогеографии (на примере злаков Дальнего Востока России) // Комаровские чтения. Владивосток. 2007. В. 55. С. 9–103.
- Rodionov A. V. Polyploidy and interspecies hybridization in the evolution of the flowering plants // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 2013, vol. 17, no. 4/2, pp. 916–929 [in Russian] (Родионов А. В. Межвидовая гибридизация и полиплоидия в эволюции растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, №4/2. С. 916–929).
- Savchukova E. P., Bailey L. G., Baum B. R., Agafonov A. V. Differentiation of the StHY-genomic *Elymus dahuricus* complex (Triticeae: Poaceae), revealed with the use of SDS-electrophoresis of storage seed proteins and the AFLP analysis // *Contemporary problems of ecology*, 2003, no 1, pp. 33–42 [in Russian] (Савчукова Е. П., Бэйли Л. Г., Баум Б. Р., Агафонов А. В. Дифференциация StHY-геномного комплекса видов, близких к *Elymus dahuricus* Turcz. ex Grizeb. (Triticeae: Poaceae), выявляемая с помощью SDS-электрофореза запасных белков семян и AFLP-анализа // Сибирский экологический журнал. 2003. №1. С. 33–42).
- Sun G. L., Salomon B. Molecular evolution and origin of the tetraploid *Elymus* species // *Breed. Sci.*, 2009, vol. 59, no. 5, pp. 487–491.
- Sun G. L., Zhang X. D. Origin of H genome in StH-genome *Elymus* species based on single copy nuclear gene DMC1 // *Genome*, 2011, vol. 58, no. 8, pp. 655–665.
- Svitashev S., Bryngelsson T., Li X., Wang R. R. Genome-specific repetitive DNA and RAPD markers for genome identification in *Elymus* and *Hordelymus* // *Genome*, 1998, vol. 41, no. 1, pp. 120–128.
- Torabinejad J., Mueller R. J. Genome analysis of intergeneric hybrids of apomictic and sexual Australian *Elymus* species with wheat, barley and rye: implication for the transfer of apomixis to cereals // *Theoretical and Applied Genetics*, 1993, vol. 86, no. 2–3, pp. 288–294.
- Tsvelev N. N. Zlaki SSSR – Grasses of the USSR. Leningrad, Nauka Publ., 1976. 788 p. [in Russian] (Цвелев Н. Н. Злаки СССР. Л., 1976. 788 с.).
- Tsvelev N. N. On the genus *Elymus* L. (Poaceae) in Russia. *Bot. zhurn. – Journ. Bot.*, 2008, vol. 93, no. 10, pp. 1587–1596 [in Russian] (Цвелев Н. Н. О роде *Elymus* L. (Poaceae) в России // Ботан. журн. 2008. Т. 93, № 10. С. 1587–1596).
- Tsvelev N. N., Probatova N. S. The genera *Elymus* L., *Elytrigia* Desv., *Agropyron* Gaertn., *Psathyrostachys* Nevski and *Leymus* Hochst. (Poaceae: Triticeae) in the flora of Russia / V. L. Komarov Memorial Lectures. – Vladivostok: Dal'nauka, 2010, iss. 57, pp. 5–102 [in Russian]. (Цвелёв Н.Н., Пробатова Н. С. Роды *Elymus* L., *Elytrigia* Desv., *Agropyron* Gaertn., *Psathyrostachys* Nevski и *Leymus* Hochst. (Poaceae: Triticeae) во флоре России // Комаровские чтения. – Владивосток: Дальнаука, 2010. Вып. 57. С. 5–102).
- Wang R. R. C., von Bothmer R., Dvorak J., Fedak G., Linde-Laursen I., Muramatsu M. Genome symbols in the Triticeae (Poaceae) // *Proc. 2nd Int. Triticeae Symp.* / Eds R. R. C. Wang, K. B. Jensen, C. Jaussi. Logan, 1994, pp. 29–34.
- Yang C. R., Zhang H. Q., Zhao F. Q., Liu X. Y., Fan X., Sha L. N., Kang H. Y., Yen C., Yang J. L. *Kengyilia gobicola*, a new taxon from west China // *Canadian Journal of Botany*, 1990, vol. 68, pp. 1894–1897.
- Yen C., Yang J. L., Yen Y. et al. Modern genetic concept of the genera in the tribe Triticeae (Poaceae) // *Acta Phytotaxon. Sin.*, 2005, vol. 43, pp. 82–93.
- Zhou K. et al. Genome constitutions and genetic relationship of *Elymus* species from China // 7 International Triticeae Symposium (Chengdu, China, June 9–13, 2013): book of abstr. [S.l.], 2013, pp. 50.

Смекалова Т. Н.

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), Россия, 19000 Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42, 44, e-mail: t.smekalova@vir.nw.ru

Ключевые слова:

Русское ботаническое общество (РБО), секция культурных растений

Поступление:

20.09.2017

Принято:

17.11.2017

СЕКЦИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В СТОЛЕТНЕЙ ИСТОРИИ РУССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА (РБО)

В 2015–2016 гг. ботаническая общественность отпраздновала столетие Русского ботанического общества (РБО), а в 2017 г. исполнилось 70 лет секции культурных растений РБО. И Общество в целом, и секция культурных растений, в частности, сыграли важную роль в развитии ботанических исследований. Результаты и заключение. Интерес к проблемам, связанным с изучением культурных растений, возникший на ранних этапах деятельности Ботанического общества, сохранялся на протяжении многих десятилетий деятельности Общества. К моменту создания Ботанического общества, Бюро по прикладной ботанике (позже – ВИР), отметив свое двадцатилетие, было известным и авторитетным учреждением по работе с генетическими ресурсами растений сельскохозяйственного назначения не только в России, но и за ее пределами. Сегодня секция культурных растений ведет активную деятельность. Члены секции принимают участие в организации международных и всероссийских конференций, посвященных различным проблемам, связанным с культурными растениями.

BRIEF REPORTS

T. N. Smekalova

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

Key words:

Russian Botanical Society (RBS), the Section of Cultivated Plants

Received:

12.07.2017

Accepted:

17.11.2017

THE SECTION OF CULTIVATED PLANTS IN THE CENTENIAL HISTORY OF THE RUSSIAN BOTANICAL SOCIETY (RBS)

Background. In 2015–2016, the botanical community celebrated the centenary of the Russian Botanical society (RBS), and in 2017, the RBS Section of Cultivated Plants has its 70th anniversary. The Society as a whole, and specifically the Section of Cultivated Plants have played an important role in the development of botanical research. **Results and conclusion.** The interest in the problems associated with the study of cultivated plants evolved in the early stages of the RBS activities has been maintained over many decades. At the time when the Botanical Society was founded, the Bureau of Applied Botany (later: the Vavilov Institute), having celebrated its twentieth anniversary, was renowned and respected for its work with plant genetic resources for agricultural purposes not only in Russia but also abroad. Today, the Section of Cultivated Plants is quite active. Members of the Section participate in the organization of international and all-Russian conferences dedicated to various problems associated with cultivated plants.

В 2015–2016 гг. отечественная ботаническая общественность отмечала столетие создания Русского ботанического общества (РБО) – научного общества, объединяющего ботаников России. А в 2017 г. исполнилось 70 лет секции культурных растений РБО. Русское ботаническое общество сыграло важную роль в развитии ботанической науки в целом. Не меньшую лепту оно внесло, в частности, и в изучение культурных и сорных растений.

Обращение инициаторов создания РБО, киевских ботаников С. Г. Навашина, Е. Ф. Вотчала и А. В. Фомина, с письменной просьбой содействовать созову при Академии наук съезда представителей русских ботанических учреждений с целью организации Русского ботанического общества и специального ботанического журнала, было направлено в 1915 г. старейшим ботаникам страны – А. С. Фаминцыну и И. П. Бородину (Lavrenko, Zalensky, 1965), одному из первых заведующих Бюро по прикладной ботанике (позже – ВИР). Для активизации деятельности Бюро, созданного в 1894 году, И. П. Бородин в 1900 г. приглашает в качестве научного сотрудника Роберта Эдуардовича Регеля, рекомендуя ему начать работу по сбору и изучению разнообразия российских ячменей. За период с 1901 по 1904 годы было собрано более 990 образцов ячменя из всех регионов России (семена и гербарий). Эти образцы положили начало коллекции генетических ресурсов культурных растений, сохраняемой ныне во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) и насчитывающей сейчас более 350 000 образцов живой коллекции культурных растений и их диких родичей. В соответствии с идеей создателей коллекции, она не только увеличивалась по количеству образцов, но и тщательно изучалась по морфологическим и агрономическим признакам, определялась таксономическая принадлежность каждого

образца. В 1905 г. Р. Э. Регель становится заведующим Бюро и продолжает развивать заложенные А. Ф. Баталиным (первый директор Бюро) и И. П. Бородиным принципы комплексного подхода к формированию коллекции и к ее изучению, являясь, по сути, основоположником отечественной прикладной ботаники (Loskutov, 2009).

В «Списке членов съезда представителей русских ботанических учреждений 20-21 декабря 1915 г. при Академии наук в Петрограде», в числе делегатов первого съезда значатся и И. П. Бородин, и Р. Э. Регель – инициаторы и организаторы научной и практической деятельности по изучению и использованию культурных растений и их диких родичей (Lavrenko, Yunatov, 1965; фото).

Для работы в Бюро приглашаются: К. А. Фляксбергер – специалист по хлебным злакам, П. И. Мищенко – по бобовым растениям, В. А. Кузнецов – по луговым травам и другие известные отечественные ботаники и агрономы. Благодаря инициативе Р. Э. Регеля, к 2015 г. (год создания РБО), в России было создано 12 специализированных селекционных станций, еще 30 опытных станций и полей занимались селекцией различных культур.

Деятельность коллектива Бюро и, в первую очередь, – Р. Э. Регеля, в начале XX века, несомненно, подняла отечественные растениеводство и селекцию на качественно новый научный уровень. Очевидно также, что к моменту создания Ботанического общества, Бюро, отметив свое двадцатилетие, стало известным и авторитетным учреждением по работе с генетическими ресурсами растений сельскохозяйственного назначения не только в России, но и за ее пределами. Основной задачей Бюро к этому времени было изучение возделываемых и дикорастущих полезных, сорных и вредных растений Российской империи.



**Фото: Члены-основатели Всесоюзного ботанического общества
(из публикации: Лавренко, Заленский, 1965, с. 1755)**

**Photo: The founding members of the All-Union Botanical Society
(from: Lavrenko, Zalensky, 1965, p. 1755)**

Слева направо стоят: А. В. Фомин, В. И. Талиев, Б. А. Келлер, Б. А. Федченко, А. Г. Генкель, В. Б. Гриневецкий, В. Н. Любименко, Е. Ф. Вотчал, Г. А. Надсон, Р. Э. Регель, В. К. Варлих, В. Л. Комаров, Б. Л. Исаченко, П. И. Мищенко, В. Н. Сукачев, А. А. Рихтер, Н. А. Наумов.

Слева направо сидят: Н. В. Цингер, В. Ф. Хмелевский, С. П. Костычев, Х. Я. Гоби, И. П. Бородин, Н. А. Буш, С. И. Ростовцев, Д. Н. Прянишников.

Standing from left to right: A. V. Fomin, V. I. Taliyev, B. A. Keller, B. A. Fedchenko, A. G. Genkel, V. B. Grinevetsky, V. N. Lyubimenko, E. F. Votchal, G. A. Nadson, R. E. Regel, V. K. Warlich, V. L. Komarov, B. L. Isachenko, P. I. Mishchenko, V. N. Sukachev, A. A. Richter, N. A. Naumov;

Sitting from left to right: N. V. Zinger, V. F. Khmelevsky, S. P. Kostychev, H. Y. Gobi, I. P. Borodin, N. A. Busch, S. I. Rosctovtsev, D. N. Pryanishnikov

Н. И. Вавилов, сменивший в 1920 г. Р. Э. Регеля на посту заведующего Бюро, будучи в 1916–1917 гг. действительным членом Общества (Sochava, 1947) проявлял большую активность в его работе Общества, оказывая, несомненно, вместе с В. Л. Комаровым и другими отечественными учеными огромное влияние на разработку вопросов, связанных с изучением культурных растений.

Несмотря на тяжелейшие годы, в которые проходило становление Общества – Первая мировая война, революция, Гражданская война, голод, лишения, – Общество крепло и развивалось в значительной степени благодаря активной и энергичной деятельности руководящего состава, в первую очередь – И. П. Бородина. К ноябрю 2017 г. Общество насчитывало более 300 членов и объединило все основные ботанические силы

страны. В него входили как заслуженные ученые, так и научная молодежь: К. А. Тимирязев, Г. И. Танфильев, Н. И. Кузнецов, В. Р. Вильямс, И. К. Пачоский, Н. И. Вавилов, В. И. Талиев, В. Н. Любименко и многие другие.

Первые итоги деятельности общества были подведены на I съезде, состоявшемся в Петрограде в 1921 г., когда еще не была полностью закончена Гражданская война. На съезде присутствовало всего 185 делегатов, однако сам факт его организации и успешной работы в тяжелое для страны время имеет огромное значение для дальнейшего становления Общества. В стране в то время был высок уровень скептицизма по поводу возможности развития науки в условиях недавно созданного социалистического государства. Однако, по словам И. П. Бо-

родина, съезд «...наглядно показал скептикам, что страна хорошо и надолго обеспечена, по крайней мере в области ботаники, научными силами, что старики сеяли не даром и не на бесплодную почву...» (Sochava, 1947, с. 49).

На II Всесоюзном съезде ботаников, проходившем в 1926 г. в Москве, собралось уже более 550 человек и было сделано 252 доклада (Lavrenko, Yunatov, 1965). Часть программных докладов носила концептуальный характер и была очень актуальна на тот период времени, в частности, доклады Г. А. Левитского «Гено- и кариотипические изменения в процессе эволюции», В. Н. Сукачева «Опыт экспериментального изучения борьбы за существование», В. И. Талиева «Проблема видообразования и ботаническая география» и др. Была организована работа секции Прикладной ботаники, на которой обсуждались проблемы сорной растительности посевов, влияния пастбы скота на растительность и другие.

Вопросы изучения культурных растений в дальнейшем обсуждались практически на всех последующих съездах. При подготовке очередного съезда, в 1947 и 1948 годах на страницах «Ботанического журнала» была организована публикация материалов к программе съезда. П. М. Жуковский предложил обсудить на предстоящем съезде целый ряд проблем, касающихся культурных растений, прежде всего – проблемы систематики: «География культурных растений нам стала ясна. Вопросы систематики культурных растений, наоборот, до сих пор остаются совершенно неясными...» – писал он в 1948 году (Zhukovsky, 1948, с. 289). Прежде всего, считал он, должны быть обсуждены принципиальные вопросы, касающиеся построения единой системы культурного вида. Другая важная задача, которая, по мнению П. М. Жуковского, должна быть обсуждена на съезде, – подведение итогов всестороннего монографического изучения отдельных родов культурных растений. Центральное ме-

сто в отношении монографического изучения культурных растений должны, с его точки зрения, занять такие объекты, как пшеница, рожь, хлопчатник и тыквенные. При этом важно установить, «...каковы ботанико-географические закономерности формообразования, как протекала эволюция культурных растений, как человек творил и использовал эту эволюцию» (Zhukovsky, 1948, с. 290). Проблемы, обозначенные П. М. Жуковским почти 70 лет назад как первоочередные, до сих пор остаются наиболее актуальными проблемами ботанической науки.

На III Делегатском съезде, проходившем в Ленинграде в 1963 г., второй симпозиум был посвящен изучению культурных растений и обогащению растительных ресурсов СССР. Были сделаны доклады П. М. Жуковским «Использование ботанических закономерностей в новейших методах селекции культурных растений», С. М. Букасовым «Итоги и перспективы межвидовой гибридизации и селекции картофеля» и др.

Таким образом, интерес к проблемам, связанным с изучением культурных растений, возникший на ранних этапах деятельности Ботанического общества, под влиянием таких видных ученых, как Р. Э. Регель, Н. И. Вавилов, В. Л. Комаров и другие, сохранялся на протяжении многих десятилетий деятельности Общества. С увеличением активизации деятельности Общества, расширением круга изучаемых ботаниками проблем и углублением проводимых исследований, вместе с дифференциацией направлений исследований возникла необходимость дифференциации самого Общества, как по географическому принципу (региональные отделения), так и в связи со специализацией проводимых исследований (секции). В частности, в 1947 г. по инициативе Е. Н. Синской возникла секция культурных растений, активное участие в которой принимали П. М. Жуковский, руководивший секцией многие годы, начиная с 1953 года, Е. В. Вульф, ботаник, географ, Н. Р. Иванов, специалист по бобовым растениям (секретарь

секции), и многие другие сотрудники ВИР. Круг проблем, на которых была сосредоточена деятельность секции, включал проблемы происхождения культурных растений, систематику и эволюцию культур, использование результатов ботанических исследований для целей селекции растений, проблемы растениеводства и другие. Именно секция культурных растений инициировала необходимость специального обсуждения вопросов номенклатуры культурных растений – проблемы, не потерявшей своей актуальности и сегодня. На секции также постоянно и активно обсуждались вопросы унификации русских названий растений, ботанической терминологии и др. Члены секции инициировали публикацию переводов «Международного Кодекса Номенклатуры Культурных Растений» (ICNCP, 1953), организовали его активное обсуждение и усовершенствование (Лавренко, Юнатов, 1965). Секция проводила большую работу по планированию и координации научных исследований культурных растений в стране. Интересно, что в 1955 году возникла необходимость создания в составе секции культурных растений подсекции декоративных растений (председатель С. Г. Сааков, секретарь О. М. Полетико), которая объединила работников науки и производства в вопросах цветоводства и зеленого строительства (Lavrenko, Yunatov, 1965). Основными вопросами деятельности подсекции были: разнообразие декоративных растений, история их возникновения и культуры, проблемы агротехники и др. Постепенно подсекция прекратила свою активную деятельность как самостоятельная, хотя на заседаниях секции культурных растений и сегодня периодически обсуждаются вопросы, посвященные декоративным растениям. Сегодня секция культурных растений, будучи немногочисленной (около 20 активных членов), тем не менее, ведет активную деятельность. Большая часть докладов секции посвящена вопросам происхождения и эволюции культурных растений, их эколого-географическими молекулярно-генетическими особенностям, а также – вопросам номенклатуры и таксономии. Большой популярностью у слушателей пользуются доклады об экспедиционных обследованиях различных регионов России и зарубежных стран, методических аспектах мобилизации культурных растений и их диких родичей, проблемах их сохранения и рационального использования. Материалом для большинства исследований служит гербарий ВИР (WIR), насчитывающий более 376 000 гербарных листов культурных растений мира и их диких родичей, в том числе – более 500 типовых образцов, и более 60 000 листов сорных растений территории СССР. Основным методом, используемым для изучения культурных растений – методом дифференциальной систематики и географии, разработанный Н. И. Вавиловым (Vavilov, 1962; 1965). Члены секции принимают активное участие в организации международных и всероссийских конференций по различным проблемам, связанным с культурными растениями: «Проблемы систематики и эволюции культурных растений» (2009, 2014 годы), «Сорные растения в изменяющемся мире» (2011, 2017), «Проблемы эволюции и селекции картофеля» (2016) и др., а также – в организации и работе съездов Русского ботанического общества.

References/Литература

- International code of nomenclature for cultivated plants (ICNCP)*. Leningrad, 1953, 26 p. [in Russian] (*Международный кодекс номенклатуры культурных растений (МКНКР)*), Л., 1953.26 с.
- Lavrenko Y. M., Yunatov A. A. Fifty years of the all-Union Botanical society // *Botan. zhurn.*, 1965, vol. 50, no. 9, pp.1205–1246 [in Russian]. (Лавренко Е. М., Юнатов А. А. Пятьдесят лет

- Всесоюзного ботанического общества // Ботан. журн. 1965. Т. 50. № 9. С. 1205–1246).
- Lavrenko Y. M., Zalensky O. V.* Botanists – organizers of the Russian Botanical society (to 50th RBS anniversary) [in Russian] // Botan. zhurn., 1965, vol. 50, no. 12, pp. 1751–1768 [in Russian] (*Лавренко Е. М., Заленский О. В.* Ботаники – организаторы Русского Ботанического общества (к 50-летию ВБО) // Ботан. журн. 1965. Т. 50. № 12. С. 1751–1768).
- Loskutov I. G.* History of world collection of plant genetic resources in Russia. St. Petersburg, 2009, 293 p. [in Russian] (*Лоскутов И. Г.* История мировой коллекции генетических ресурсов растений России. СПб., 2009. 293 с.).
- Vavilov N. I.* New systematics of cultivated plants // Selected works. Moscow ; Leningrad, 1962, vol. 3, p. 492–502 [in Russian] (*Н. И. Вавилов.* Новая систематика культурных растений // Избр. Труды, М. ; Л., 1962. Т. 5. С. 492–502).
- Vavilov. N. I.* The problem of the origin, geography, genetics, plant breeding, crop production and agronomy // Selected works. Moscow ; Leningrad: Science, vol. 5, 786 p. [in Russian]. Вавилов Н. И. Избр. труды. Т. 5. Проблемы происхождения, географии, генетики, селекции растений, растениеводства и агрономии. М. ; Л.: Наука, 1965. 786 с.
- Sochava V. B.* Brief overview of the activities of the all-Russian Botanical Society in 30 years (1916-1946) // Botanical magazine, 1947, vol. 32, no. 2, pp.45–60 [in Russian] (*Сочава В. Б.* Краткий обзор деятельности Всероссийского Ботанического Общества за 30 лет (1916-1946) // Ботан. журн. 1947. Т. 32. № 2. С. 45–60).
- Zhukovsky P. M.* Systematics and geography of cultivated plants at the upcoming IV all-Union Botanical Congress // Botan. zhurn., 1948, vol. 33, no. 2, pp. 289–291 [in Russian] (*Жуковский П. М.* Систематика и география культурных растений на предстоящем IV Всесоюзном ботаническом съезде // Ботан. журн. 1948. Т. 33. № 2. С. 289–291).

СООБЩЕНИЕ

**о проведении международной научно-практической конференции
«Пути повышения эффективности садоводства»
25–28 сентября 2017 г. в пгт. Никита, г. Ялта, Республика Крым, Россия**

А. В. Шлявас, Ю. В. Ухатова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42,44,
e-mail.: ann2668@yandex.ru
Поступление: 12.11.2017

25–28 сентября 2017 года в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» прошла международная научно-практическая конференция «Пути повышения эффективности садоводства».

В конференции приняли заочное и очное участие ученые Российской Федерации, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Азербайджана. Более семидесяти человек представили ведущие организации (институты) в области садоводства и питомниководства: Институт защиты растений (Прилуки, Беларусь), Институт плодоводства (Самохваловичи, Беларусь), Инновационный центр фитотехнологии Академии наук Кыргызстана, Мангышлакский экспериментальный Ботанический сад (Казахстан), Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (Санкт-Петербург), Главный ботанический сад (Москва), Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства (Москва), Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (Мичуринск), Дагестанский НИИ сельского хозяйства им. Ф. Г. Кисриева (Махачкала), Горный ботанический сад Дагестанского научного центра РАН (Махачкала), Институт лесных технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета (Красноярск), Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар), Свердловская селекционно-ботаническая станция садоводства (Екатеринбург), АО «Щёлковоагрохим» (Московская область), Частный селекционный питомник Голубевых (Саратовская область), МПЦ «Фитогенетика» (Тульская область), Институт теоретической и экспериментальной биофизики (Пушино) и другие.

Материалы конференции опубликованы в двух томах Сборника научных трудов Государственного Никитского ботанического сада (№ 144–1, 2), индексируемом в РИНЦ.

Доклады участников конференции были представлены на пяти секциях. Участники конференции сделали интересные доклады, затрагивающие вопросы генетических ресурсов и сохранения биоразнообразия, современные направления, методы и результаты селекции и сортоизучения, хранения и переработки плодовых, ягодных, субтропических и орехоплодных культур, их фитосанитарное состояние, а также проблемы защиты плодово-ягодных агроценозов.

На конференции было заслушано 42 устных доклада и представлено 10 постерных докладов.

УДК 582.5/.9+633/635:581.9

М. О. Бурляева, Д. А. Кривенко, С. Г. Казановский ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ 2014 ГОДА) Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 5–21. Библ. 12.

Экспедиционное исследование, проведенное на территории северо-западного Прибайкалья, позволило изучить разнообразие диких родичей культурных растений (ДРКР) в 37 естественных местообитаниях в Баяндаевском, Качугском, Жигаловском, Казаченско-Ленском, Ольхонском, Эхирит-Булагатском районе Иркутской области и Северо-Байкальском районе Республики Бурятия. В результате были выявлены районы наиболее богатые по видовому составу ДРКР. Собран гербарий и 102 образца семян и отводков 56 видов из 23 родов диких родичей кормовых, зернобобовых, плодовых, зерновых и технических культур, в том числе эндемиков, включенных в Красные книги Российской Федерации, Иркутской области и Республики Бурятия.

Ключевые слова: экспедиция, генетические ресурсы, кормовые культуры, зернобобовые культуры, триба *Viciae*, *Lathyrus*, *Vicia*, эндемики, Прибайкалье

M. O. Burlyayeva, D. A. Krivenko, S. G. Kazanovsky CROP WILD RELATIVES IN THE NORTHWESTERN BAIKAL REGION (ACCORDING TO THE MATERIALS OF THE 2014 COLLECTING MISSION). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 6–21. Bibl. 12.

The explorations carried out by a collecting team over the territory of the northwestern Baikal region made it possible to study the diversity of crop wild relatives (CWR) in 37 natural habitats in Bayandayevsky, Kachugsky, Zhigalovsky, Kazachensky-Lensky, Olkhonsky and Ekhirit-Bulagatsky districts of Irkutsk Province and the North Baikal district of the Republic of Buryatia. As a result, the areas richest in CWR species diversity were identified. Herbarium specimens and 102 seed and layering samples of 56 species from 23 genera representing wild relatives of fodder, legume, fruit, cereal and fiber crops were collected, including endemics listed in the Red Data Books of the Russian Federation, Irkutsk Province and the Republic of Buryatia.

Key words: collecting mission, plant genetic resources, forage crops, grain legumes, *Viciae* tribe, *Lathyrus*, *Vicia*, endemics, Baikal region of Russia.

УДК 581.9 (470)

Л. Ю. Шипилина. К ВОПРОСУ О СОХРАНЕНИИ ДИКИХ РОДИЧЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ, НОВГОРОДСКОЙ И ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТЯХ. Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 22–28. Библ. 11.

Усовершенствована методика отбора таксонов для регионального красного списка, разработана система баллов для включения таксонов в красный список ДРКР и сохранения их *in situ* на территории регионов.

Ключевые слова: дикие родичи культурных растений, сохранение, *in situ*, красная книга.

L. J. Shipilina. THE QUESTION OF THE CONSERVATION OF WILD RELATIVES OF CULTIVATED PLANTS IN THE TERRITORY OF LENINGRAD, NOVGOROD AND PSKOV REGIONS. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 23–28. Bibl. 11.

Improved method for the selection of taxa for the regional red list, developed scoring system for inclusion of taxa on the red list CWR and preserve them *in situ* in the respective regions.

Key words: crop wild relatives, conservation, *in situ*, Red book.

УДК 634.11

Е. З. Савин, А. М. Русанов, И. О. Кин, Т. В. Березина, Е. К. Логинчив, Т. А. Скворцова ПЛОДОВО-ЯГОДНЫЕ КУЛЬТУРЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БУЗУЛУКСКИЙ БОР» Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 29–36. Библ. 8.

Бузулукский бор – крупнейший лесной массив в степной зоне (86,6 тыс. га) Северной Евразии и единственный в степном Заволжье. Древесная растительность бора на 70% состоит из хвойных пород, 30% приходится на широколиственные деревья, среди которых имеются плодово-ягодные культуры. Здесь помимо аборигенных видов, значительная часть принадлежит интродуцентам, которые приспособились к специфическим условиям бора. В 2007 году значительная территория соснового леса вошла в состав национального парка «Бузулукский бор».

Ключевые слова: экологические условия, мезоклимат, Бузулукский бор, плодово-ягодные культуры.

E. Z. Savin, A. M. Rusanov, I. O. Kin, T. V. Berezina, E. K. Loginch, T. A. Skvortsova FRUIT AND BERRY CROPS IN THE ENVIRONMENTS OF THE BUZULUKSKY BOR NATIONAL PARK. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 30–36. Bibl. 8.

Buzuluksky Bor is the name of the largest woodland in the steppe zone (86,600 ha) of Northern Eurasia, and the only one in the Transvolga steppe. Woody vegetation of this forest consists of conifers (70%) and broadleaf trees (30%). Many of the latter produce edible fruits and berries. In addition to indigenous species, a significant part is formed by the introduced ones which have adapted to the specific conditions of this woodland. In 2007, a large area of the pine forest became part of the Buzuluksky Bor National Park.

Key words: environmental conditions, mesoclimate, Buzuluksky Bor, fruit and berry plants.

УДК 633.13:631.527

Н. В. Дейнес РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ОВСА В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 37–44. Библ. 6.

Представлены результаты изучения коллекционного материала овса Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). По итогам комплексной полевой и лабораторной оценки были выявлены образцы, которые послужили исходным материалом для получения перспективных линий.

Ключевые слова: овес, коллекция, образец, линия, хозяйственно полезные признаки, продуктивность.

N. V. Deines RESULTS OF THE STUDY OF OAT SOURCE MATERIAL IN THE ENVIRONMENTS OF ALTAI TERRITORY. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 38–44. Bibl. 6.

Results of studying the oat collection of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources are presented. Field and laboratory evaluation has been carried out to identify accessions which later will be used as source material for the development of promising breeding lines.

Keywords: oat, collection, accession, line, agronomic traits, productivity.

УДК 633.13:632(470.11)

А. Д. Кабашов, В. А. Корелина, Н. П. Зинина УСТОЙЧИВОСТЬ ОВСА ПОСЕВНОГО К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ И КРАСНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ФОНЕ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА РФ Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 45–51. Библ. 6.

В условиях ФГУП «Котласское» оценивали селекционный материал овса, предоставленный селекционерами Московского НИИСХ, по устойчивости к пыльной головне – *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr. и красно-бурой пятнистости *Pyrenophora avenae* S. Ito & Kurib. Представлены результаты трехлетнего испытания (2014–2016 гг.) 57 образцов на естественном фоне развития болезней. Степень поражения овса пыльной головней была незначительной (до 7,8%). Устойчивостью к красно-бурой пятнистости обладали линии – 10h2401 и 23h2201.

Ключевые слова: селекционные образцы, устойчивость, степень поражения, пыльная головня, красно-бурая пятнистость.

A. D. Kabachov, V. A. Korelina, N. P. Zinina OAT RESISTANCE TO LOOSE SMUT AND RED-BROWN LEAF SPOT UNDER NATURAL DISEASE DEVELOPMENT CONDITIONS IN THE NORTH OF THE RUSSIAN FEDERATION. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 45–51. Bibl. 6.

The breeding material of oats provided by the breeders of the Moscow Research Institute of Agriculture was assessed on the sites of the Kotlaskoye Federal Enterprise. The article presents the results of the three-year trials (2014–2016) of 57 oats accessions to assess their resistance to loose smut and red-brown leaf spot. According to the results of the tests performed under naturally diseased conditions, two hulled lines (10h2401 and 6h2321) and three hullless ones (38h2273, 11h2267 and 2h2348) were identified as resistant to loose smut, and two lines (10h2401 and 23h2201) as resistant to red-brown leaf spot.

Key words: breeding accessions, resistance, disease incidence, loose smut, red-brown leaf spot.

УДК 631.527: 634.21

Ф. М. Гасымов ОЦЕНКА ГЕНОФОНДА АБРИКОСА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 51–58. Библ. 8.

Представлены результаты исследований генофонда абрикоса в ФГБНУ Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства (ЮУНИИСХ) на наиболее важные хозяйственно ценные признаки. Выделены сорта и формы абрикоса с высокой зимостойкостью, качеством плодов, наиболее адаптивные к основным биотическим и абиотическим факторам среды, которые представляют большой интерес для дальнейшей селекционной работы.

Ключевые слова: абрикос, селекция, сорт, зимостойкость, качества плодов, генофонд, гибридные семьи.

F. M. Gasyimov EVALUATION OF THE APRICOT GENE POOL IN THE SOUTHERN URALS. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 52–58. Bibl. 8.

Presented here are the results of studying the apricot gene pool at the South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Cultivation (YUNIISK) in the context of the most important economically valuable traits. Varieties and forms of apricot have been identified for their high winter hardiness, fruit quality, and maximum adaptability to major biotic and abiotic factors of the environment – traits of great interest for further breeding work.

Key words: apricot, breeding, variety, winter hardiness, fruit quality, gene pool, hybrid families.

УДК 633.16: 575.167

Р. А. Абдуллаев, Н. В. Алпатиева, Ю. И. Карабицина, И. А. Звейнек, Б. А. Баташева, И. Н. Анисимова, Е. Е. Радченко АЛЛЕЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ УЧАСТВУЮЩИХ В КОНТРОЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРИОДА ВСХОДЫ-КОЛОШЕНИЕ ГЕНОВ *Ppd* И *VRN* У ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ИЗ ДАГЕСТАНА. Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 59–68. Библ. 15.

Исследовали продолжительность периода всходы-колошение 265 образцов ячменя из Дагестана. В южном Дагестане наиболее высокой скоростью развития характеризовались образцы к-15008 и к-15013, в северо-западном регионе России выявлен скороспелый образец к-15027. С помощью аллель-специфичных молекулярных маркеров у 207 форм ячменя идентифицировали доминантные и рецессивные аллели участвующих в контроле продолжительности периода всходы-колошение генов *Ppd* и *VRN*. Выявили 22 группы с различными аллельными комбинациями этих локусов. Наиболее многочисленны две группы: *Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3* и *ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3*, представленные 59 и 91 образцами соответственно.

Ключевые слова: ячмень, скороспелость, фотопериодическая чувствительность, аллели локусов *Ppd* и *VRN*, молекулярные маркеры.

R. A. Abdullaev, N. V. Alpatieva, I. A. Zveinek, B. A. Batasheva, I. N. Anisimova, E. E. Radchenko ALLELIC DIVERSITY OF THE *Ppd* AND *VRN* GENES INVOLVED IN CONTROL OF THE DURATION OF SHOOTING-EARING STAGE IN DAGESTANIAN BARLEY ACCESSIONS. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 60–68. Bibl. 15.

The period between shooting and earing stages was investigated in a group of 265 barley accessions from Dagestan. The accessions k-15008 and k-15013 were characterized by the highest development rate in South Dagestan. In Northwest Russia the early accession k-15027 was revealed. In 207 barley accessions the dominant and recessive alleles of the *Ppd* and *VRN* genes involved in control of the period between shooting and earing stages were identified with the use of allele-specific molecular markers. Twenty two groups with different allelic combinations of the loci were revealed. The most numerous groups possessed the *Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3* and *ppd-H1Ppd-H2vrn-H1Vrn-H2vrnH3* allelic combinations and included 59 and 91 accessions correspondingly.

Key words: barley, early ripeness, photoperiodic sensitivity, alleles of *Ppd* and *VRN* loci, molecular markers.

УДК: 635.21:631.523:631.527:632.6+631.467

Н. С. Клименко, О. Ю. Антонова, Л. И. Костина, Ф. Т. Мамадбокирова, Т. А. Гавриленко МАРКЕР-ОПОСРЕДОВАННАЯ СЕЛЕКЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ С МАРКЕРАМИ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗЛОТИСТОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ НЕМАТОДЕ (ПАТОТИП RO1). Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 69–78. Библ. 34.

Представлены результаты молекулярного скрининга 103 сортов отечественной селекции из коллекции ВИР на наличие маркеров, ассоциированных с генами *H1* и *Gro1-4* устойчивости к патотипу Ro1 золотистой картофельной нематоды *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr. В выборке выявлено 25 сортов с маркерами этих генов. При этом среди нематодоустойчивых сортов частота встречаемости генотипов с диагностическими фрагментами маркеров 57R и N195 локуса *H1* составила 98%, а маркера *Gro1-4-1* гена *Gro1-4* – 2%.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, устойчивость к нематоде, *Globodera rostochiensis*, ДНК-маркеры

N. S. Klimenko, O. Y. Antonova, L. I. Kostina, F. T. Mamadbokirova, T. A. Gavrilenko MARKER-ASSOCIATED SELECTION OF RUSSIAN POTATO VARIETIES WITH USING MARKERS OF RESISTANCE GENES TO THE GOLDEN POTATO CYST NEMATODE (PATHOTYPE RO1). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 70–78. Bibl. 34.

The results of molecular screening of 103 Russian breeding varieties from the VIR potato collection are presented. These varieties were studied for the presence of diagnostic markers associated with the *H1* and *Gro1-4* genes conferring resistance to the golden potato cyst nematode – *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behr. – pathotype Ro1. 25 varieties possessed the diagnostic markers of these genes. Among the nematode-resistant varieties, the frequency of genotypes with the diagnostic fragments of 57R and N195 markers of the *H1* locus was 98%, and of marker Gro1-4-1 of the *Gro1-4* gene – 2%.

Key words: *Solanum tuberosum*, resistance to nematodes, *Globodera rostochiensis*, DNA markers

УДК 633.1

С. Б. Лепехов МЕТОДЫ ПОДБОРА ПАР ДЛЯ СКРЕЩИВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ У САМООПЫЛЯЮЩИХСЯ КУЛЬТУР. Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 79–93. Библ. 82.

Эколого-географический принцип подбора пар для скрещивания, разработанный В. И. Мичуриним, оказался настолько эффективным, что его по сей день используют многие селекционеры. В результате широкого обмена материалом эколого-географический принцип подбора пар утратил свою актуальность и ему на смену пришли методы определения фенотипического и генетического несходства родительских пар. Однако новые математические методы не получили столь же обширного распространения. В статье рассмотрены основные методы подбора родительских пар для скрещивания в селекции самоопыляющихся культур. Обсуждены их преимущества и недостатки при использовании в практической селекции. К настоящему моменту накоплено достаточно сведений о том, что линии поздних поколений по урожайности могут достигать уровня F_1 . Высказано предположение о возможности отбора высокоурожайных линий из комбинации скрещивания с высокой урожайностью в F_1 . Изложены основные проблемы подбора пар по степени генетической отдаленности родителей. Обсуждаются методические трудности при сравнении различных принципов подбора пар в селекции.

Ключевые слова: гибридизация, подбор пар для скрещивания, селекция, гетерозис, трансгрессия, урожайность.

S. B. Lepikhov METHODS OF CHOOSING PARENTAL PAIRS FOR CROSSES IN THE BREEDING OF SELF-POLLINATING CROPS FOR YIELD. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 80–93. Bibl. 82.

The ecogeographical principle of choosing pairs for crossing developed by V. I. Michurin has appeared so effective that it is still used by many plant breeders. Meanwhile, as a result of extensive exchange of breeding material, this ecogeographical approach to the matching of pairs has lost its relevance, being replaced by the new methods of finding phenotypic and genotypic differences between parents. However, new mathematic methods have failed to win similar general recognition. This article reviews the basic methods of choosing parental pairs for crosses in self-pollinated crop breeding. Positive and negative aspects of using these methods in breeding practice are discussed. By now, many facts have been accumulated about the ability of lines in remote generations to reach the F_1 yield level. An assumption is made that high-yielding lines may be selected from crosses with high yield in F_1 . Major problems of pair selection according to the degree of genetic distance between parents are highlighted. Methodical difficulties faced by breeders when they compare different pair selection principles are discussed.

Key words: hybridization, choosing parental pairs for crosses, plant breeding, heterosis, transgression, yield.

УДК 633.16:631.527:631.526.32(527.1)

П. Н. Николаев, П. В. Поползухин, Н. И. Аниськов, О. А. Юсова, И. В. Сафонова АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИВОВАРЕННОГО СОРТА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ОМСКИЙ 100. Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 94–104. Библ. 15.

Приведена характеристика нового пивоваренного сорта ярового ячменя ‘Омский 100’, селекции Сибирского НИИ сельского хозяйства, переданного на ГСИ в 2015 году. Сорт относится к лесостепной экологической группе сортов, характеризуется высокой устойчивостью к полеганию, слабой восприимчивостью к черной головне, средней – к пыльной головне и сильной – к каменной головне. По продуктивности сорт ‘Омский 100’ относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири (4,5 т/га, «+»0,4 т/га st.), отзывчив на улучшение условий выращивания ($\beta^2d = 2,3$, $KM = 2,6$) и способен сочетать высокую потенциальную урожайность с минимальным ее снижением в неблагоприятных условиях выращивания ($Hom = 0,4$). По биохимическим показателям соответствует требованиям ГОСТа на пивоваренный ячмень и рекомендуется для использования в пивоваренной промышленности.

Ключевые слова: яровой многорядный ячмень, вегетационный период, поражение головней, высота растений, форма колоса, зазубренность остей, цвет зерна, стабильность, пластичность, гомеостатичность

P. N. Nikolaev, P. V. Popolzhukhin, N. I. Anisimov, O. A. Yusova, I. V. Safonova AGROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MALTING SPRING BARLEY CULTIVAR ‘OMSKY 100’. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 95–104. Bibl. 15.

Characteristics of the new malting spring barley cultivar ‘Omsky 100’ are presented. This cultivar, bred at the Siberian Research Institute of Agriculture and submitted for State Trials in 2015, represents the forest-steppe environmental group of varieties. It is characterized by high resistance to lodging, low susceptibility to false loose smut, medium to loose smut, and high to covered smut. As for productivity, ‘Omsky 100’ is among the high-yielding cultivars in the environments of West Siberia (4.5 t/ha, “+”0.4 t/ha st.). It is responsive to improvement of cultivation conditions (regression coefficient = 2.3; multiplier coefficient = 2.6) and is able to combine high potential yield with its minimal decrease in adverse cultivation environments (homeostaticity = 0.4). Its biochemical indicators correspond to the requirements of the State Standard for malting barley, and it is recommended for use in brewing industry.

Key words: common spring barley, growing season, smut incidence, plant height, spike shape, awn serration, kernel color, stability, flexibility, homeostaticity.

УДК 634.723.1:581.162.41:631.526.325

О. А. Гаврилова, О. А. Тихонова К РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ В СЕМЕЙСТВЕ GROS-SULARIACEAE. Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 105–123. Библ. 24.

В условиях Северо-Запада России проведено изучение особенностей морфологии и качества пыльцы отдаленных гибридов рода *Ribes* L. Выявлен достаточно высокий уровень фертильности изученных гибридов, за исключением триплоида ‘Длиннокистная ЦГЛ’. Показана связь между аномальными особенностями морфологического строения оболочки пыльцевых зерен и уровнем фертильности изученных образцов.

Ключевые слова *Ribes*, пыльца, морфология, фертильность, жизнеспособность

O. A. Gavrilova, O. A. Tikhonova ON REPRODUCTIVE BIOLOGY OF DISTANT HYBRIDS IN THE GROSSULARIACEAE FAMILY. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 106–123. Bibl. 24.

Pollen morphology and pollen quality in distant hybrids of the genus *Ribes* L. were studied in the Russian North-West. A rather high fertility level was found in the studied hybrids, except for the triploid 'Dlinnokistnaya CGL'. A connection between anomalous morphological features of the pollen wall structure and the pollen fertility level has been found in the studied samples.

Key words: *Ribes*, pollen, morphology, fertility, viability.

УДК 635.21:632.9

Зотеева Н. М., Косарева О. С., Евдокимова З. З. ПОИСК УСТОЙЧИВОГО К ФИТОФТОРОЗУ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СРЕДИ СОРТОВ И КЛОНОВ КАРТОФЕЛЯ. Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 124–131. Библ. 20.

Приведены результаты оценки устойчивости сортов картофеля из коллекции ВИР к фитофторозу в условиях сильного распространения инфекции, а также лабораторного тестирования устойчивости к патогену клубней сортов и селекционных клонов из коллекций ВИР и ЛенНИИСХ. Выделены сорта и клоны с высокой и умеренной устойчивостью к фитофторозу ботвы и/или клубней. Уровень устойчивости листьев и клубней некоторых сортов варьировал в зависимости от структуры сезонных популяций и использованных для заражения изолятов *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.

Ключевые слова: картофель, сорта, устойчивость, фитофтороз

N. M. Zoteyeva, O. S. Kosareva, Z. Z. Evdokimova SEARCH FOR SOURCE MATERIAL WITH LATE BLIGHT RESISTANCE AMONG POTATO VARIETIES AND CLONES. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 125–131. Bibl. 20.

This paper presents the data obtained during the assessment of potato varieties and breeding clones from the VIR and LENNIISKH (Belogorka) collections for late blight resistance. Tests were performed in the field under heavy infection of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (foliage) and in the laboratory (tubers). Varieties and clones with high and moderate leaf and/or tuber late blight resistance were identified. Leaf and tuber resistance in some varieties depended on the *P. infestans* population structure and on isolates used for inoculation.

Key words: potato varieties, leaf and tuber resistance, late blight.

УДК 575.22.+577.2+582.542.1

К. С. Добрякова АЛЛОПОЛИПЛОИДИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГЕНОМОВ ВИДОВ ELYMUS L. (ОБЗОР). Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 132–139. Библ. 46.

Все виды *Elymus* L. являются аллополиплоидами, в составе рода нет первичных диплоидов ($2n = 14, x = 7$). В России в основном распространены виды с геномными формулами: StH, StY и StHY. На территории РФ произрастает 53 вида *Elymus* с геномными конституциями: StH, StY ($2n = 4x = 28$) и StHY ($2n = 6x = 42$), согласно системе номенклатуры геномов Triticeae. Ключевые слова: *Elymus*, молекулярная филогения, гибридизация

K. S. Dobryakova ALLOPOLYPLOIDY AND ORIGIN OF GENOMES IN THE ELYMUS L. SPECIES (A REVIEW). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 133–139. Bibl. 46.

All *Elymus* L. species are allopolyploids, whereas primary diploids are not part of this genus (with $2n = 14, x = 7$). Widespread in Russia are mainly the species with genomic formulae StH, StY and StHY. According to the nomenclature system of Triticeae genomes, in the Russian Federation there are 53 species of *Elymus* with genomic constitutions StH, StY ($2n = 4x = 28$) and StHY ($2n = 6x = 42$). Key words: *Elymus*, molecular phylogeny, hybridization.

Смекалова Т. Н. СЕКЦИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В СТОЛЕТНЕЙ ИСТОРИИ РУССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА (РБО). Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Т. 178. Вып. 4. СПб., 2017. С. 140–145. Библ. 8.

В статью приведена краткая история организации создания Русского ботанического общества (РБО) и создания секции культурных растений РБО.

Ключевые слова: Русское ботаническое общество (РБО), секция культурных растений.

T. N. Smekalova THE SECTION OF CULTIVATED PLANTS IN THE CENTENNIAL HISTORY OF THE RUSSIAN BOTANICAL SOCIETY (RBS). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 178. Iss. 4. SPb.: VIR, 2017. P. 140–145. Bibl. 8.

The article presents a brief history of the Russian Botanical Society (RBS) and its Section of Cultivated Plants.

Key words: Russian Botanical Society (RBS), the Section of Cultivated Plants.

СОДЕРЖАНИЕ

МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Бурляева М. О., Кривенко Д. А., Казановский С. Г. Дикie родичи культурных растений на территории Северо-Западного Прибайкалья (по материалам экспедиции 2014 года).	5
Шпилина Л.Ю. К вопросу о сохранение диких родичей культурных растений на территории Ленинградской, Новгородской И Псковской областях.	22
Савин Е. З., Русанов А. М., Кин И. О., Березина Т. В., Логинчив Е. К, Скворцова Т. А. Плодово-ягодные культуры в экологических условиях национального парка «Бузулукский бор».	29

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Дейнес Н. В. Результаты изучения исходного материала овса в условиях алтайского края.	36
Кабашов А. Д., Корелина В. А., Зинина Н. П. Устойчивость овса посевного к пыльной головне и красно-бурой пятнистости на естественном фоне развития болезни в условиях северного региона РФ.	43

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Гасымов Ф. М. Оценка генофонда абрикоса на Южном Урале.	49
--	----

ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Абдулаев Р. А., Алпатьяева Н. В., Карабидина Ю.И., Звейнек И. А., Баташева Б. А., Анисимова И. Н., Е. Е. Радченко Аллельное разнообразие участвующих в контроле продолжительности периода всходы-колошение генов <i>Ppd</i> и <i>VRN</i> у образцов ячменя из Дагестана.	56
Клименко Н. С., Антонова О. Ю., Костина Л. И., Мамадбокирова Ф. Т., Гавриленко Т. А. Маркер-опосредованная селекция отечественных сортов картофеля с маркерами генов устойчивости к золотистой картофельной нематодe (патотип Ro1).	66
Лепехов С. Б. Методы подбора пар для скрещивания в селекции на урожайность у самоопыляющихся культур.	76

УСПЕХИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Николаев П. Н., Поползухин П. В., Аниськов Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Агробиологическая характеристика пивоваренного сорта ярового ячменя Омский 100.	90
--	----

СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Гаврилова О. А., Тихонова О. А. К репродуктивной биологии отдаленных гибридов в семействе Grossulariaceae.	100
---	-----

ИММУНИТЕТ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Зотеева Н. М., Косарева О. С., Евдокимова З. З. Поиск устойчивого к фитофторозу исходного материала для селекции среди сортов и клонов картофеля.	119
--	-----

ОБЗОРЫ

Добрякова К. С. Аллополиплоидия и происхождение геномов видов <i>Elymus</i> L. (обзор).	127
--	-----

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Смекалова Т. Н. Секция культурных растений в столетней истории Русского ботанического общества (РБО).	135
--	-----

Шлявас А. В., Ухатова Ю. В. Сообщение о проведении международной научно-практической конференции «Пути повышения эффективности садоводства» 25–28 сентября 2017 г. в пгт. Никита, г. Ялта, Республика Крым, Россия.	141
--	-----

CONTENTS

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

Burlyayeva M. O., Krivenko D. A., Kazanovsky S. G. Crop wild relatives in the northwestern Baikal region (according to the materials of the 2014 collecting mission)	6
Shipilina L. J. The question of the conservation of wild relatives of cultivated plants in the territory of Leningrad, Novgorod and Pskov regions.	23
Savin E. Z., Rusanov A. M., Kin I. O., Berezina T. V., Loginch E. K., Skvortsova T. A. Fruit and berry crops in the environments of the Buzuluksky Bor National Park.	30

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Deines N. V. Results of the study of oat source material in the environments of Altai territory.	37
Kabachov A. D., Korelina V. A., Zinina N. P. Oat resistance to loose smut and red-brown leaf spot under natural disease development conditions in the North of the Russian Federation.	44

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Gasymov F. M. Evaluation of the apricot gene pool in the southern Urals.	50
--	----

GENETICS OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Abdullaev R. A., Alpatieva N. V., Zveinek I. A., Batasheva B. A., Anisimova I. N., Radchenko E. E. Allelic diversity of the <i>Ppd</i> and <i>VRN</i> genes involved in control of the duration of shooting-earing stage in dagestanian barley accessions.	57
Klimenko N. S., Antonova O. Y., Kostina L. I., Mamadbokirova F. T., Gavrilenko T. A. Marker-associated selection of russian potato varieties with using markers of resistance genes to the golden potato cyst nematode (pathotype Ro1).	67
Lepekhov S. B. Methods of choosing parental pairs for crosses in the breeding of self-pollinating crops for yield.	77

PROGRESS IN DOMESTIC PLANT BREEDING AT THE PRESENT STAGE

Nikolaev P. N., Popolzukhin P. V., Anisimov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V. Agrobiological characteristics of the malting spring barley cultivar 'Omsky 100'	91
---	----

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

Gavrilova O. A., Tikhonova O. A. On reproductive biology of distant hybrids in the Grossulariaceae family.	101
--	-----

IMMUNITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Zoteyeva N. M., Kosareva O. S., Evdokimova Z. Z. Search for source material with late blight resistance among potato varieties and clones.	120
--	-----

SURVEYS

Dobryakova K. S. Allopolyploidy and origin of genomes in the <i>Elymus</i> L. species (a review)	128
---	-----

BRIEF REPORTS

Smekalova T. N. The section of cultivated plants in the centennial history of the Russian Botanical Society (RBS).	135
--	-----

Научное издание

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 178, ВЫПУСК 4**

Выпускающий редактор *Е. К. Потокينا*
Научные редакторы *Е. А Соколова*
Компьютерная верстка *Л. Ю. Шипилина*
Корректор *Ю. С. Чепель–Малая*

Подписано в печать 13.12.2017 Формат бумаги 70×100 ¹/₈
Бумага офсетная. Печать офсетная
Печ. л. 18,5 Тираж 300 экз. Зак.1312/17

Сектор редакционно–издательской деятельности ВИР
190000, Санкт–Петербург, Большая Морская ул., 42, 44

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