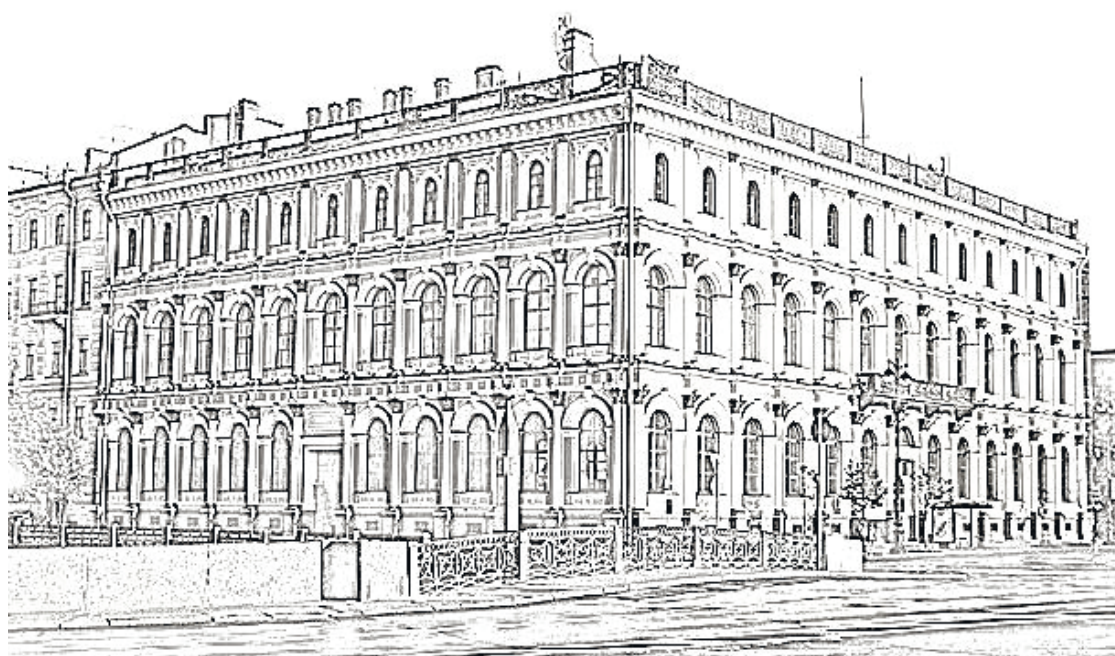




**PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY,
GENETICS AND BREEDING**

volume 180
issue 3



Editorial board:

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

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

ST. PETERSBURG

2019

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

**том 180
выпуск 3**



Редакционная коллегия:

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

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

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2019

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 180, вып. 3. СПб., 2019. 132 с.

Представлены результаты экспедиций Крымской ОСС ВИР по сбору дикорастущих и одичавших плодовых и ягодных растений в южных регионах России. Подведены итоги интродукции груши зангезурской (*Pyrus zangezura* Maleev) в Санкт-Петербурге. Дана оценка генофонда свеклы столовой для селекции. Новые сорта риса селекции ВНИИ риса (Краснодарский край) проанализированы на взаимосвязь структурных элементов урожая с технологическими показателями зерна и крупы. В экстремальных условиях Севера изучены биологические и хозяйственно ценные признаки новых сортов картофеля из коллекции ВИР. Рассмотрен репродукционный потенциал 1594 сортов картофеля различных сроков созревания в условиях Заполярья за последнее десятилетие. Проведен скрининг сортов картофеля на устойчивость к фитофторозу с учетом их продуктивности, содержания крахмала, устойчивости к вирусным болезням и картофельной нематоде. В условиях Северо-Западного и Центрально-Черноземного регионов России определена структура целевой субколлекции образцов мягкой пшеницы коллекции ВИР на зимостойкость. Выделены сорта черной смородины с высоким содержанием биофлавоноидов, фенолкарбоновых кислот, катехинов в ягодах для условий Северо-Запада России. Обсуждается роль экспедиционных сборов видов косточковых плодовых растений в систематике и селекции этих культур. С использованием молекулярного маркера гена устойчивости к кладоспориозу *Cf-19* проведена оценка более 30 образцов генетической коллекции томата Мичуринского ГАУ. Определены критерии модели универсального сорта хеномелеса для отбора сортов, приближающихся к модели по основным хозяйственно ценным признакам, и поиска взаимосвязей между этими признаками. Исследована структура сибирского географического элемента флоры лесостепей Средней Сибири с характеристикой типов составляющих его ареалов. Интродукционная популяция *Prunus pumila* L. на территории Челябинской области охарактеризована по основным морфологическим признакам. На Кубанской опытной станции на естественном инфекционном фоне среди 594 образцов шести основных подвидов *Zea mays* L. установлены формы, наиболее устойчивые к пузырчатой головне (возбудитель – *Ustilago zeae* [Beckm.] Unger). В Московской области на овсе посевном (*Avena sativa* L.) выявлен преобладающий патоккомплекс микромицетов и выделены образцы, характеризовавшиеся наименьшей зараженностью фитопатогенами. Дана оценка 191 образца овса (преимущественно местные формы) из стран Кавказа (Армения, Азербайджан, Грузия), а также с Северного Кавказа РФ (Дагестан) по устойчивости к обыкновенной злаковой тле (*Schizaphis graminum* Rondani).

Табл. 34, Рис. 39, Библиогр. 209 назв.

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

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. Vol. 180, iss.3. SPb., 2019. 132 p.

An overview is presented on the expeditions launched by Krymsk Experiment Breeding Station of VIR to southern regions of Russia to collect wild and run-wild fruit and berry plants, and their results are reported. The details of introducing *Pyrus zangezura* Maleev into the environments of St. Petersburg are recounted. The genetic diversity of table beet is evaluated for plant breeding purposes. New rice cultivars developed at the All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar Territory) have been analyzed for interrelations between yield structure elements and technological indicators of wholegrain and milled rice. New potato cultivars from the VIR collection have been studied in extreme environments of the North to identify donors of biological and economically useful traits. The reproductive potential has been investigated over the past decade in 1594 potato cultivars with different maturation schedules in the Arctic environments. Potato cultivars have been screened for late blight resistance with due regard to their yield, starch content, and resistance to viruses and potato nematode. The structure of the target sub-collection of bread wheat accessions from the VIR collection is considered in the context of their winter hardiness in the environments of the Northwestern and Central Black Soil regions of Russia. Black currant cultivars have been identified in the Northwest of Russia for high contents of bioflavonoids, phenol carbonic acids and catechins in their berries. The role of collecting missions in stone fruit plant species systematics and breeding is discussed. More than 30 accessions from the tomato genetic collection maintained by Michurinsk Agrarian University have been screened with a molecular marker for the *Cf-19* gene controlling leaf mold resistance. Criteria have been identified for the model of a universal *Chaenomeles* cultivar in order to facilitate selection of cultivars closest to the model in main economic traits, and track out relationships among such traits. The structure of the Siberian geographical element has been studied in the forest steppe vegetation of Middle Siberia, and the types of constituent distribution areas have been described. The introduced population of *Prunus pumila* L. in Chelyabinsk Province is characterized according to major morphological traits. Maize plant forms have been selected at the Kuban Experiment Station out of 594 accessions of six main *Zea mays* L. subspecies for their highest resistance to artificial infection with *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger. A dominant pathocomplex of micromycetes has been identified for oat (*Avena sativa* L.) crops in Moscow Province, and accessions showing the lowest levels of contamination with plant pathogens have been selected. Greenbug (*Schizaphis graminum* Rondani) resistance has been assessed in 191 oat accessions (mostly landraces) from the Caucasian countries (Armenia, Azerbaijan and Georgia) and the North Caucasus of Russia (Dagestan).

Табл. 34, Fig. 39, Ref. 209.

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,
2019

CONTENTS

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

Eremin G. V., Podorozhniy V. N.

Results of expeditions carried out by Krymsk Experiment Breeding Station of VIR
to collect wild and run-wild fruit and berry plants in southern regions of Russia 7

Tkachenko K. G., Firsov G. A., Yandovka L. F., Volchanskaya A. V., Staroverov N. E., Gryaznov A. Yu

Pyrus zangezura (Rosaceae) at Saint Petersburg 12

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Burenin V. I., Sokolova D. V., Piskunova T. M.

The gene pool for table beet breeding (modern aspects of study and use) 19

Dzhamirze R. R., Ostapenko N. V.

Interrelation between structural yield elements and technological indicators
of wholegrain and milled rice in new rice cultivars 26

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Zhigadlo T. E., Travina S. N.

Characterization of potato accessions according to their biological
and economically useful traits in the environments of Murmansk Province 32

Kostina L. I., Kosareva O. S.

Targeted sub-collection of potato cultivars specific to late blight resistance 36

Lysenko N. S., Loseva V. F., Mitrofanova O. P.

Winter hardiness of bread wheat from the VIR collection
in environments of the Northwestern and Central Black Soil regions of Russia 41

Tikhonova O. A., Shelenga T. V.

Bioactive substances of black currant berries in the conditions of Northwestern Russia 50

Yushev A. A., Orlova S. Yu.

Wild sour cherry species of the Caucasus, Central Asia and the Far East and their use in breeding 59

GENETICS OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Shamshin I. N., Maslova M. V., Gryazneva Y. V.

Analysis of a genetic collection of tomato cultivars
and hybrid forms for resistance to cladosporiosis using DNA markers 63

DOMESTIC PLANT BREEDING AT THE PRESENT STAGE

L. D. Komar-Tyomnaya

Criteria of the cultivar model and interrelations
among economically useful characteristics of *Chaenomeles* in connection with breeding 71

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

Antipova E. M.

The structure of the Siberian geographical floral element in the Middle Siberian forest steppes 76

Lezin M. S., Simagin V. S., Lokteva A. V.

Specific features in the expression of intraspecies variability
of *Prunus pumila* fruits in Chelyabinsk Province in the process of introduction 82

IMMUNITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Boyko V. N.

Field assessment of accessions from the maize collection for resistance to boil smut 91

Vargach J. I., Golovin S. E., Loskutov I. G.

Research on micromycetes in oats (*Avena sativa* L.) under the conditions of Stupino District, Moscow Province 96

Radchenko E. E., Chumakov M. A., Loskutov I. G.

Greenbug resistance in oat accessions from Dagestan and Caucasian countries 106

BRIEF REPORTS

Travina S. N., Zhigadlo T. E.

Reproductive potential of potato accessions from the VIR collection in Murmansk Province 110

СОДЕРЖАНИЕ

МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ.

Еремин Г. В., Подорожный В. Н.

Результаты работы экспедиций Крымской опытно-селекционной станции ВИР по сбору дикорастущих и одичавших плодовых и ягодных растений в южных регионах России..... 7

Ткаченко К. Г., Фирсов Г. А., Яндовка Л. Ф., Волчанская А. В., Староверов Н. Е., Грязнов А. Ю.

Груша зангезурская (*Pyrus zangezura*, Rosaceae) в Санкт-Петербурге 12

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ.

Буренин В. И., Соколова Д. В., Пискунова Т. М.

Генофонд для селекции свеклы столовой (современные аспекты изучения и использования) 19

Джамирзе Р. Р., Остапенко Н. В.

Взаимосвязь структурных элементов урожая с технологическими показателями зерна и крупы у новых сортов риса.....26

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

Жигадло Т. Э., Травина С. Н.

Характеристика образцов картофеля по биологическим и хозяйственно важным признакам в условиях Мурманской области32

Костина Л. И., Косарева О. С.

Целевая субколлекция селекционных сортов картофеля по устойчивости к фитофторозу.36

Лысенко Н. С., Лосева В. А., Митрофанова О. П.

Зимостойкость мягкой пшеницы коллекции ВИР в условиях Северо-Западного и Центрально-Черноземного регионов России 41

Тихонова О. А., Шеленга Т. В.

Биологически активные вещества ягод черной смородины в условиях Северо-Запада России..... 50

Юшев А. А., Орлова С. Ю.

Дикорастущие виды вишен Кавказа, Центральной Азии и Дальнего Востока и их использование в селекции59

ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ.

И. Н. Шамшин, М. В. Маслова, Ю. В. Грязнева

Анализ генетической коллекции сортов и гибридных форм томата по устойчивости к кладоспориозу с использованием ДНК-маркеров..... 63

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ СЕЛЕКЦИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ.

Комар-Тёмная Л. Д

Критерии модели сорта и взаимосвязи хозяйственно ценных признаков хеномелеса в связи с селекцией 71

СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ.

Антипова Е. М.

Структура сибирского географического элемента флоры лесостепей Средней Сибири76

Лёзин М. С., Симагин В. С., Локтева А. В.

Особенности проявления внутривидовой изменчивости плодов *Prunus pumila* в Челябинской области при интродукционном процессе..... 82

ИММУНИТЕТ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ.

Бойко В. Н.

Полевая оценка образцов коллекции кукурузы по устойчивости к пузырчатой головне 91

Варгач Ю. И., Головин С. Е., Лоскутов И. Г.

Изучение микромицетов на овсе посевном (*Avena sativa* L.) в условиях Ступинского района Московской области 96

Радченко Е. Е., Чумаков М. А., Лоскутов И. Г.

Устойчивость образцов овса из Дагестана и стран Кавказа к обыкновенной злаковой тле.....106

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ.

Травина С. Н., Жигадло Т. Э.

Репродукционный потенциал образцов картофеля из коллекции ВИР в условиях Мурманской области 110

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ЭКСПЕДИЦИЙ КРЫМСКОЙ ОПЫТНО-СЕЛЕКЦИОННОЙ СТАНЦИИ ВИР ПО СБОРУ ДИКОРАСТУЩИХ И ОДИЧАВШИХ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-7-11
УДК 634.1/.7:910.4(470.45+477.75+470.6)
Поступление/Received: 20.03.2019
Принято/Accepted: 18.09.2019

Г. В. ЕРЕМИН, В. Н. ПОДРОЖНЫЙ

*Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР,
Федеральный исследовательский центр Всероссийский
институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова (ВИР),
353384 Россия, Краснодарский край, г. Крымск,
ул. Вавилова, 12;
✉ kross67@mail.ru*

**RESULTS OF EXPEDITIONS CARRIED OUT BY KRYMSK
EXPERIMENT BREEDING STATION OF VIR TO COLLECT
WILD AND RUN-WILD FRUIT AND BERRY PLANTS
IN SOUTHERN REGIONS OF RUSSIA**

G. V. EREMIN, V. N. PODOROZHNYI

*Krymsk Experiment Breeding Station,
branch of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources (VIR),
12 Vavilova Street, Krymsk,
Krasnodar Territory 353384, Russia;
✉ kross67@mail.ru*

С начала 2000-х годов экологическая обстановка южных регионов России существенно ухудшилась из-за усиления антропогенного воздействия. В частности, в Республике Крым, особенно в степной зоне, возникла с 2016 года практически экологическая катастрофа, связанная с обезвоживанием, вызванным перекрытием Северо-Крымского канала Украиной.

На Крымской опытно-селекционной станции намечен и регулярно исполняется долгосрочный план проведения экспедиций по мобилизации генетических ресурсов косточковых плодовых и ягодных культур в коллекции ВИР. Цель проводимой работы – сбор в естественных ареалах и дальнейшее сохранение растительного биоразнообразия плодовых и ягодных культур в коллекционных насаждениях на базе Крымской ОСС, его комплексное изучение для выделения доноров и источников хозяйственно ценных признаков.

Экспедиции проведены в 2016–2018 гг. в южные регионы степной зоны и северные степные районы Краснодарского края, Волгоградской области, а также юго-восточные районы Ростовской обл. и в Республику Крым. В ходе экспедиционных обследований установлено, что повсеместно дикорастущие косточковые растения встречаются значительно реже, чем это отмечалось ранее (1970–1991 гг.), когда в этих зонах проводились аналогичные экспедиции.

Всего в результате работы собрано 222 образца типичных представителей изучаемых видов плодовых и ягодных культур в ареалах их естественного обитания. Все они закреплены в питомнике Крымской ОСС и при их хорошей приживаемости пополнили коллекцию плодовых и ягодных культур ВИР.

В связи с наблюдаемой тенденцией к сокращению ареалов ряда косточковых дикорастущих видов из-за глобального изменения климатических условий и усиливающегося в последнее время антропогенного воздействия необходимо продолжить экспедиции по сбору генотипов, особенно таких видов как вишня степная и миндаль низкий. В ближайшей перспективе намечено обследовать горные и прикаспийские районы республики Дагестан.

Ключевые слова: генетические ресурсы, плодовые, ягодные культуры, вид, форма, образец, коллекционные насаждения.

Since the beginning of the 2000s, the ecological and climatic situation in southern regions of Russia has deteriorated significantly due to the increased anthropogenic impact. In particular, the Republic of Crimea, especially its steppe zone, has been experiencing a real ecological disaster since 2016 because of water deficiency due to the drying up of the North-Crimean Canal after it has been blocked by Ukraine. All this makes it urgent to search for and collect wild and run-wild plant species in their natural habitats, and conserve them in controlled conditions at VIR's branches.

Krymsk Experiment Breeding Station has developed a long-term plan for conducting expeditions to collect stone fruit and berry genetic resources for augmenting VIR's collections. This plan is being implemented on a regular basis. The goal of this work is to explore natural habitats, collect fruit and berry plant diversity, further maintain it in field collections at Krymsk Experiment Breeding Station, and comprehensively study it with the aim of identifying sources of economically important traits for creating new highly adaptive and technologically advanced varieties and rootstocks.

Expeditions were conducted in 2016–2018 in southern areas of the steppe zone and northern steppe regions of Krasnodar Territory, Volgograd Province, in southeastern regions of Rostov Province, and in the Republic of Crimea. It was established by field surveys that wild stone fruit plants are found everywhere much less frequently than it was observed in previous years, when similar expeditions were launched to these areas. All in all, this work resulted in collecting 222 samples of typical representatives of the studied fruit and berry species from the areas of their natural occurrence. All of them were placed in the nursery of Krymsk Experiment Breeding Station, got established well, and thus augmented the VIR collection of fruit and berry crops.

In view of the observed tendency of the natural distribution areas being reduced for a number of wild stone fruit species due to global climatic changes and recent increase of the anthropogenic impact, it is necessary to continue conducting expeditions to collect genotypes, especially of such species as ground cherry and Russian almond. In the near future, it is planned to explore the mountainous and Caspian regions in the Republic of Dagestan.

Key words: genetic resources, fruit, berry crops, species, form, accession, collection plantings.

Сегодня в мире, и в России в частности, ежегодно из-за изменения климата и хозяйственной деятельности человека исчезает несколько десятков видов растений, что может привести к необратимым последствиям не только для растительного, но и всего биоразнообразия на планете.

Сохранение растительных генетических ресурсов, подвергающихся в настоящее время жесткому, прямому или косвенному антропогенному прессингу, является наиболее важной задачей, стоящей перед современной биологией. Но решение этой фундаментальной проблемы должно иметь и практический выход, заложенный еще Н. И. Вавиловым – получение на основе сохраняемых ресурсов новых сортов, соответствующих требованиям современного сельскохозяйственного производства, для обеспечения продовольственной безопасности страны.

Осознание необходимости решения этих задач начиная со второй половины двадцатого века и до его конца способствовало проведению сотрудниками Крымской опытно-селекционной станции (КОСС) – филиала ВИР 20 экспедиций по сбору дикорастущих и одичавших форм в пределах родов *Prunus* L., *Fragaria* L. и *Rubus* L. в России и странах ближнего зарубежья. Благодаря этой работе, а также постоянному обмену растительным материалом культур с другими научными учреждениями, которые ведутся согласно методическим рекомендациям (Yushev et al., 2016), на Крымской станции сосредоточено около 5500 генотипов указанных родов растений. Собранный в предгорной зоне Северного Кавказа генофонд косточковых и ягодных культур представляет собой конгломерат генотипов, включающий дикорастущие и одичавшие формы, культурные сорта и гибриды. По мере изучения генофонд растений был включен в помологические и генетические коллекции. Из коллекции после комплексного изучения выделяются доноры и источники хозяйственно ценных признаков, которые включаются в селекционные программы по созданию высокотехнологичных сортов и подвоев, адаптивных к изменяющимся условиям юга России.

За период с начала 2000-х годов экологическая и климатическая обстановка южных регионов России существенно изменилась. В частности, в Республике Крым, особенно в степной зоне, возникла с 2016 года практически экологическая катастрофа, связанная с обезвоживанием, вызванным иссушением Северо-Крымского канала после его перекрытия Украиной. Все это требует незамедлительного сбора в естественных ареалах обитания дикорастущих и одичавших видов растений и сохранения их в контролируемых условиях на базе филиалов ВИР.

Опыт использования генофонда косточковых растений при выведении клоновых подвоев косточковых культур на Крымской ОСС показал эффективность введения в селекционный процесс в качестве исходного материала генотипов дикорастущих видов, в частности вишни степной, антипки, алычи, терна, абрикоса. С их участием выведен ряд районированных в России клоновых подвоев – ВСЛ 1, ВСЛ 2, Дружба (Eremin, Podorozhnyi, 2012). Завершается и работа по выведению ряда элит с использованием антипки и терна.

Однако, как нами отмечалось ранее (Podorozhnyi, 2016), в направлении создания засухоустойчивых, устойчивых к болезням сортов ежевики, земляники садовой и слаброслых подвоев плодовых культур требуется расширить спектр дикорастущих видов, обладающих этими признаками, для участия в селекционном процессе.

Необходимость привлечения новых генотипов с этими селектируемыми признаками нашла отражение в разработанной и принятой союзом селекционеров юга России Программе (Egogov, 2014), побудившей нас провести работу по экспедиционному обследованию и привлечению генотипов дикорастущих растений для последующего использования выделенных из их состава образцов в селекции адаптивных ягодных, плодовых культур и их клоновых подвоев.

Экспедиции были проведены в 2016–2018 гг. в южные регионы степной зоны, северные степные районы Краснодарского края, Волгоградской области, юго-восточные районы Ростовской области и Республики Крым (рис. 1, 2).

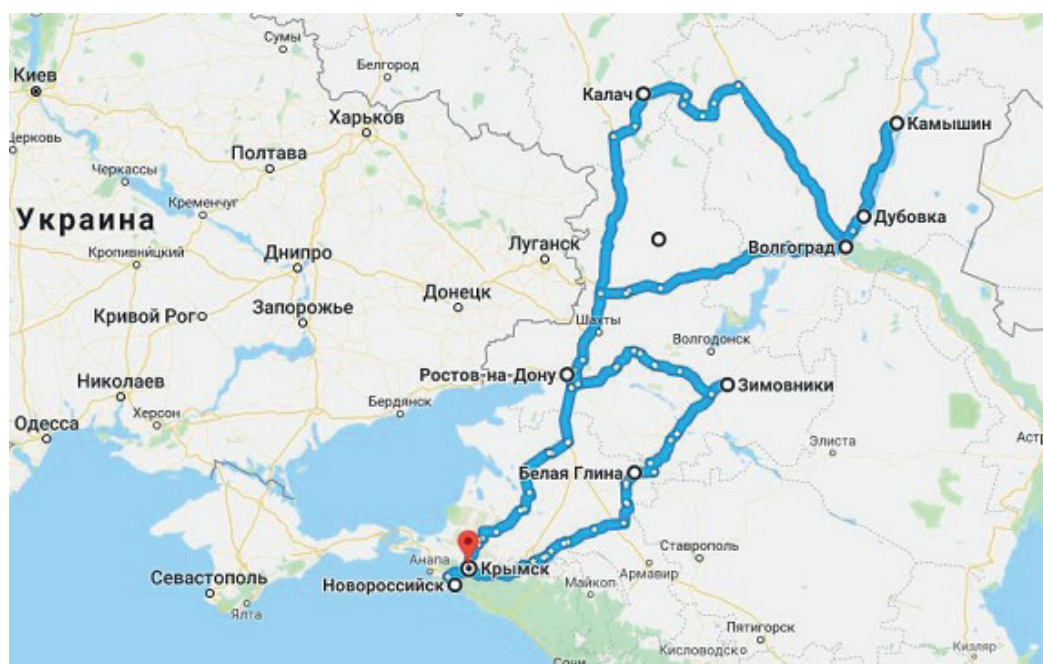


Рис. 1. Карта-схема маршрутов экспедиций по южным регионам России, 2016, 2017 гг.

Fig. 1. Map of expedition routes in southern regions of Russia, 2016, 2017

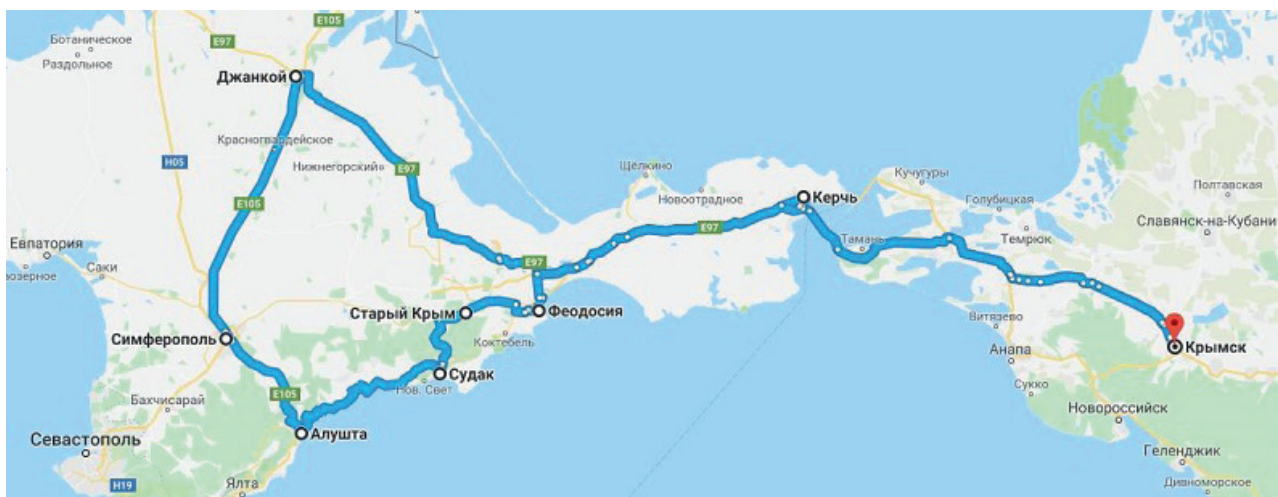


Рис. 2. Карта-схема маршрута экспедиции по полуострову Крым, 2018 г.

Fig. 2. Map of the expedition route in the Crimean peninsula, 2018

Цель проводимой работы – сбор в естественных ареалах обитания и дальнейшее сохранение растительного биоразнообразия плодовых и ягодных культур в коллекционных насаждениях на базе Крымской ОСС, его комплексное изучение с задачей выделения доноров и источников хозяйственно ценных признаков для создания на их основе новых высокоадаптивных и технологичных сортов и подвоев.

В 2016 году экспедиция прошла в Краснодарском крае и Ростовской области по маршруту: Белая глина – Зимовники – Ростов-на-Дону.

В 2017 году была обследована Волгоградская область: Калач – Волгоград – Дубовка – Камышин, а также предгорная зона Краснодарского края: южные склоны хребта Маркотх в районе города Новороссийска и окрестности поселка Саук-Дере.

В 2018 году исследовали Крым: окрестности Керчи – Джанкой – Симферополя – Алушты – Судак – Старого Крыма – Феодосии.

Экспедиции проводились в конце лета – в августе. Это оптимальное время для взятия черенков для окулировки и закрепления образцов, выделенных в ходе экспедиции, а также для сбора плодов терна, миндаля низкого (бобовника) и выкопки ягодных растений. Проведение сборов вишни степной и отчасти миндаля низкого затруднено поражением их клостероспориозом и другими болезнями, вызвавшими преждевременное опадание листьев, что мешало выделению низких растений этих видов в зарослях других кустарников и травянистой растительности. В результате работы выделены типичные образцы, которые затем были закреплены окулировкой в питомнике станции и при их хорошей приживаемости позволили пополнить коллекцию косточковых культур Крымской ОСС.

В ходе экспедиционных обследований, согласно представленным отчетам, установлено, что повсеместно дикорастущие косточковые растения встречаются значительно реже, чем это отмечалось в предыдущие годы (1970–1991 гг.), когда в этих зонах проводились аналогичные экспедиции.

В степных районах Крыма нам встречались лишь терн и изредка ежевика; в степных районах Краснодарского края – терн и лишь единичные растения миндаля низкого (бобовник) (Белоглинский район), но не встречалась вишня степная. В Ростовской и Волгоградской областях повсеместно произрастает терн, намного реже встречаются куртины вишни степной, ежевики и земляники лесной.

Представляло интерес и проведение сбора одичавших косточковых и ягодных растений на заброшенных приусадебных участках опустевших хуторов, а также практически погибших лесных полос – результат перекрытия Северо-Крымского канала в Крыму, а также возрастное отмирание защитных полос в других регионах. Повсеместно в этих случаях сохраняется очень малый процент деревьев косточковых плодовых растений – вишни обыкновенной, антипки, абрикоса (жердели) и алычи. Среди них имеются адаптивные формы, представляющие интерес в селекции слаборожденных клоновых подвоев. Доказательство этого – пример использования образцов антипки, собранных в защитных полосах в районе г. Каменск Ростовской области, в селекционных программах в предыдущие годы. Гибриды, полученные с их участием, выделялись по адаптивности и такому важному показателю, как укореняемость одревесневших черенков.

В ходе проведения экспедиции были собраны 197 образцов косточковых плодовых, 10 – семечковых, 15 – ягодных культур, которые затем в полном объеме были закреплены в питомнике Крымской ОСС ВИР (таблица).

В частности, для использования в селекции косточковых культур большую ценность представляют собранные образцы терна, вишни степной, антипки и миндаля низкого, которые могут быть после комплексного изучения использованы как исходный материал, обладающий генетическими системами слаборожденности, устойчивости к температурному, водному, солевому стрессам и к почвенным патогенам. Выжившие в суровых условиях недостатка влаги в заброшенных садах экземпляры вишни, сливы, абрикоса и земляники садовой также ценны в селекции адаптивных и технологичных сортов косточковых и ягодных культур для условий юга России.

Наиболее важной составляющей потенциала вновь создаваемых на станции сортов ежевики садовой является их устойчивость к гидротермическим стрессам. Все собранные в 2016 году образцы земляники садовой и в 2017 году ежевики по результатам анализа предварительных данных обладают этими качествами и планируются к включению в селекционные программы.

Таким образом, четыре проведенные сотрудниками Крымской ОСС ВИР в 2016–2018 гг. экспедиции существенно дополнили генофонд плодовых, особенно косточковых и ягодных культур из популяций юго-западной части их ареала, что очень важно с позиции вовле-

Таблица. Количество образцов плодовых и ягодных культур, собранных сотрудниками Крымской ОСС ВИР в ходе проведения экспедиций, 2016–2018 гг.

Table. The number of fruit and berry plant samples collected by expeditions of Krymsk Experiment Breeding Station, 2016–2018

Культура	Год проведения экспедиции				Всего
	2016	2017/1	2017/2	2018	
косточковые культуры					
Терн (<i>Prunus spinosa</i> L.)	10	8	4	10	32
Алыча (<i>P. cerasifera</i> Ehrh.)	2	–	4	1	7
Слива (<i>P. domestica</i> L.)	6	22	1	17	46
Вишня степная (= <i>P. fruticosa</i> Pall.)	3	28	1	–	32
Вишня обыкновенная (<i>P. cerasus</i> L.)	–	23	–	–	23
Антипка (<i>P. mahaleb</i> L.)	17	–	–	1	18
Персик (<i>P. persica</i> (L.) Batsch)	–	–	–	17	17
Черешня (<i>P. avium</i> (L.) L.)	–	4	–	1	5
Миндаль низкий (бобовник) (= <i>P. tenella</i> Batsch)	8	7	–	1	16
Абрикос (<i>P. armeniaca</i> L.)	–	–	–	1	1
Итого:	46	92	10	49	197
семечковые культуры					
Яблоня (<i>Malus silvestris</i> Mill.)	–	2	–	1	3
Груша (<i>Pyrus communis</i> L.)	–	6	–	–	6
Айва (<i>Cydonia oblonga</i> Mill.)	–	–	1	–	1
Итого:	–	8	1	1	10
ягодные культуры					
Ежевика (<i>Rubus</i> subgen. <i>eubatus</i> (Focke) Focke)	–	2	1	2	5
Земляника садовая (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.)	2	–	–	5	7
Земляника лесная (<i>F. vesca</i> L.)	–	1	–	1	2
Клубника <i>F. moschata</i> (Duch.) Weston	1	–	–	–	1
Итого:	3	3	1	8	15
Всего:	49	103	12	58	222

чения в программы по селекции высокотехнологичных и адаптивных ягодных, косточковых плодовых культур и клоновых подвоев для них.

В связи с изменением климатических условий и усиливающимся в последнее время антропогенным воздействием, необходимо продолжить экспедиции по сбору генотипов, особенно таких видов, как вишня степная и миндаль низкий. В перспективе в ближайшее время целесообразно обследовать горные и прикаспийские районы республики Дагестан.

Работа выполнена на коллекции генетических ресурсов растений ВИР (VIR Collections of Plant Genetic Resources) в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

References/Литература

- Egorov E.A. (ed.). The program of the North Caucasus Center for breeding of fruit, berry, ornamental, flower crops and grapes for the period up to 2030 (Programma Severo-Kavkazskogo tsentra po selektsii plodovykh, yagodnykh, tsvetочно-dekorativnykh kultur i vinograda na period do 2030 goda). Krasnodar: GИU SKZNIISiV; 2014. [in Russian] (Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года / под ред. Е.А. Егорова. Краснодар: ГИУ СКЗНИИСИВ; 2014).
- Eremin G.V., Podorozhnyi V.N. Development and accelerated introduction of adaptive clonal rootstocks for sweet and sour cherries into the world production (Sozdaniye i uskorennoye vnedreniye v mirovoye proizvodstvo adaptivnykh klonovykh podvoeyev dlya chereshni i vishni). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2012;30:269-273. [in Russian] (Еремин Г.В., Подорожный В.Н. Создание и ускоренное внедрение в мировое производство адаптивных клоновых подвоев для черешни и вишни. *Плодоводство и ягодководство России*. 2012;30:269-273).
- Podorozhnyi V.N. Improving the assortment of small fruits crops for North Caucasus Region of Russia through the use of the genetic potential of collections. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 2016;45:124-127. [in Russian] (Подорожный В.Н. Совершенствование сортимента ягодных культур для Северо-Кавказского региона РФ на основе использования генетического потенциала коллекций. *Плодоводство и ягодководство России*. 2016;45:124-127).
- Yushev A.A., Sorokin A.A., Tikhonova O.A., Orlova S.Y., Kislin E.N., Radchenko O.E., Pupkova N.A., Shlyavas A.V. Collection of genetic resources of fruit and berry plants: conservation, augmentation, study. Methodological guidelines (Kollektsiya geneticheskikh resursov plodovykh i yagodnykh rasteniy: sokhraneniye, popolneniye, izucheniye. Metodicheskiye ukazaniya). A.A. Yushev, I.G. Chukhina (eds). St. Petersburg; 2016. [in Russian] (Юшев А.А., Сорокин А.А., Тихонова О.А., Орлова С.Ю., Кислин Е.Н., Радченко О.Е., Пупкова Н.А., Шлявас А.В. Коллекция генетических ресурсов плодовых и ягодных растений: сохранение, пополнение, изучение. Методические указания / под ред. А.А. Юшева, И.Г. Чухиной. Санкт-Петербург: ВИР; 2016).
- Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities**
 Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
- Для цитирования/How to cite this article**
 Еремин Г.В., Подорожный В.Н. Результаты работы экспедиций Крымской опытно-селекционной станции ВИР по сбору дикорастущих и одичавших плодовых и ягодных растений в южных регионах России. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):7-11. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-7-11
- Eremin G.V., Podorozhnyi V.N. Results of expeditions carried out by Krymsk Experiment Breeding Station of VIR to collect wild and run-wild fruit and berry plants in southern regions of Russia. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):7-11. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-7-11
- Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work**
- Дополнительная информация/Additional information**
 Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-7-11>
- Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer**
- Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript**
- Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest**

ГРУША ЗАНГЕЗУРСКАЯ (*PYRUS ZANGEZURA*, ROSACEAE) В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-12-18
УДК 58.006:582.71:582.734(470.023=25)

Поступление/Received: 24.05.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

К. Г. ТКАЧЕНКО^{1*}, Г. А. ФИРСОВ¹, Л. Ф. ЯНДОВКА²,
А. В. ВОЛЧАНСКАЯ¹, Н. Е. СТАРОВЕРОВ³,
А. Ю. ГРЯЗНОВ³

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова
Российской академии наук,
197376 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова, 2;
✉ ktkachenko@binran.ru*

² Российский государственный педагогический
университет им. А.И. Герцена,
191186 Россия, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, 48;
✉ yandovkatgu@mail.ru

³ Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина),
197376 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова, 5;
✉ nik0205st@mail.ru

**PYRUS ZANGEZURA (ROSACEAE)
AT SAINT PETERSBURG**

K. G. TKACHENKO^{1*}, G. A. FIRSOV¹, L. F. YANDOVKA²,
A. V. VOLCHANSKAYA¹, N. E. STAROVEROV³,
A. YU. GRYAZNOV³

¹ Komarov Botanical Institute of the RAS,
2 Professora Popova Street, St. Petersburg 197376, Russia;
✉ ktkachenko@binran.ru*

² Herzen State Pedagogical University of Russia,
48 Moyka Embankment, St. Petersburg 197376, Russia;
✉ yandovkatgu@mail.ru

³ St. Petersburg State Electrotechnical University (LETI),
5 Professora Popova Street, St. Petersburg 197376, Russia;
✉ nik0205st@mail.ru

Груша зангезурская (*Pyrus zangezura* Maleev; Rosaceae) – редкий вид, представитель флоры Армении (описана в 1936 г.). В Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге выращивается с 1949 г. К настоящему времени достигла 8,0 м высоты. Долгое время растение было в вегетативном состоянии. В 2016 г. растение вступило в репродуктивное состояние, было отмечено первое цветение. Весной 2019 г. впервые получено семенное потомство из семян собственной репродукции. У растений *P. zangezura* в динамике были определены размеры плодобразования. Изученные растения *P. zangezura* в условиях Санкт-Петербурга характеризуются высоким потенциалом плодобразования – на 1 метре побега формируются в среднем 109 цветков. Но не все семязачатки в раскрывшихся цветках оплодотворяются и формируют плоды и семена. Значительная часть раскрывшихся цветков через несколько дней после начала цветения подсыхают и опадают. В среднем на 1 метре побега у *P. zangezura* завязываются 7 плодов. Причины низкой завязываемости цветков могут быть: нарушение процессов опыления и недостаточная фертильность пыльцы, недоразвитие морфологических структур цветков, недостаток насекомых-опылителей в связи с неблагоприятными погодными условиями. Рентгеноскопический анализ семян урожая 2016, 2017 и 2018 годов показал, что выполненных и полнотелых семян (IV и V классов) с каждым годом в плодах становится больше. Груша зангезурская как декоративное растение может украсить коллекции ботанических садов. Она заметно отличается от груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.) даже в вегетативном состоянии своими удлинёнными ланцетными глянцевыми листьями. По нашей оценке, перспективна для городского озеленения Санкт-Петербурга, так как декоративна в период цветения и плодоношения. По зимостойкости не уступает груше обыкновенной, показывает себя устойчивой к болезням и вредителям, может иметь значение в селекции при выведении устойчивых сортов груш для Северо-Запада России.

Ключевые слова: груша, интродукция растений, биологические особенности, качество семян, рентгеноскопический анализ, Ботанический сад Петра Великого.

Pyrus zangezura Maleev (Rosaceae) is a rare species representing the native vegetation of Armenia (Southern Transcaucasus). It was first described in 1936. *P. zangezura* has been cultivated at the Peter the Great Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (St. Petersburg, Russia) since 1949, where it has reached the height of 8,0 m. For many years, it was in its vegetative state. The first flowering was observed in 2016 (the plant entered the reproductive state). The first progeny from seed was obtained in April 2019. Fruit size was assessed for *P. zangezura* plants in the dynamics of their development. The studied plants of *P. zangezura* in the environments of St. Petersburg have demonstrated a high fruiting potential – on average, 109 flowers per 1 m of a shoot. Observations have shown that not all ovules in the opened flowers of *P. zangezura* are fertilized and produce fruits and seeds. A significant part of the opened flowers, a few days after the onset of flowering, dry up and fall off. On average, 7 fruits are set on 1 m of the shoot in *P. zangezura*. The reasons for the low flower setting may be variable: impaired pollination processes and insufficient fertility of pollen, underdevelopment of the flower morphological structures, or lack of pollinating insects due to adverse weather conditions. An X-ray analysis of the seeds from the harvests of 2016, 2017 and 2018 showed that the number of plump and fully developed seeds (grades IV and V) in fruits has been growing year by year. As an ornamental plant, *P. zangezura* may adorn any botanical garden, but it is also promising for urban landscaping, for example, in St. Petersburg. Even in the vegetative state, its elongated lanceolate glossy leaves make it appreciably different from the common *P. communis* L., and it is especially ornamental during flowering and fruiting. It is as winter-hardy as the common pear-tree, demonstrates resistance to diseases and pests, and may be of importance for breeding programs aimed at the development of resistant cultivars for the Northwest of Russia.

Key words: pear-tree, arboriculture, biological features, seed quality, X-ray analysis, Peter the Great Botanical Garden.

Введение

Груша зангезурская (*Pyrus zangezura* Maleev; Rosaceae) – вид флоры Кавказа (Южное Закавказье), описана В. П. Малеевым в Трудах Ботанического института АН СССР в 1936 г. Представляет собой невысокое дерево, обычно до 10 м выс¹, с голыми побегами. Ствол покрыт темно-коричневой корой, с возрастом приобретает серый оттенок. Старая кора серая, отслаивающаяся пластинками. Почка крупные, узкоконические и яйцевидные. Листья эллиптические или широколанцетные, с наибольшей шириной ниже середины, 5–9 см дл. и 3–5 см шир., с округлым основанием, тупозубчатые или городчатые по краю; сверху темно-зеленые, снизу значительно светлее; при сушке чернеющие; голые или снизу по жилкам с опушением; черешок 2–5 см дл. Листья в молодости снаружи голые глянцевые, снизу слаболовистые.

Чашелистики неопадаящие при плодах, густоволосистые. Плоды собраны в щитки по несколько шт., грушевидные или почти округлые, с каменной мякотью, голые, с толстыми плодоножками (Fedorov, 1954). Произрастает в верхнем лесном поясе Зангезурского хребта, у селения Марза, в Мергинском районе Армении, на очень ограниченной территории. Эндемик флоры Армении. Вид редкий в природе и практически не известный в культуре.

В Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН груша зангезурская выращивается с 1949 г. и в течение многих лет (1949–2015 гг.) находилась в вегетативном состоянии. В репродуктивное состояние вступила в 2016, а в 2019 г. впервые получено семенное потомство. В настоящем сообщении подведены основные итоги интродукции этого редкого вида за период культуры (1949–2019 гг.) в условиях Санкт-Петербурга и дана оценка качества семян.

Материал и методы

Материалом для исследования служили растения груши зангезурской (*P. zangezura*) из коллекции Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН) на Аптекарском острове в Санкт-Петербурге. Настоящая работа подготовлена по материалам инвентаризации 2015–2018 гг., в рамках подготовки к изданию аннотированного каталога коллекции живых растений открытого грунта Ботанического сада Петра Великого. При этом была сделана оценка зимостойкости, состояния и определены биометрические показатели (высота, диаметр ствола, проекция кроны). Ежегодную оценку зимостойкости проводили по 7-балльной шкале П. И. Лапина (Lapin, 1967). Фенологические наблюдения и периодизация года приняты по Н. Е. Булыгину (Bulygin, 1979, 1982).

Показатели потенциальной и реальной семенной продуктивности определяли пересчетом генеративных диаспор – бутонов, цветков и плодов. Число учетных побегов – 10. Для изучения качества пыльцевых зерен использовали свежую пыльцу, собранную в начале цветения. Фертильность пыльцы оценивали ацетокарминовым методом, основанным на способности пыльцевых зерен по-разному адсорбировать химические вещества (ацетокармин), следовательно по-разному окрашиваться (Romanova et al., 1988).

Рентгенографический анализ репродуктивных диаспор подробно описан в наших работах (Gryaznov et al.,

2015; Staroverov et al., 2015; Tkachenko, 2017; Tkachenko et al., 2018).

Использованы данные метеостанции Государственного учреждения «Санкт-Петербургский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями».

Результаты и обсуждение

Грушу зангезурскую (*P. zangezura*) начали выращивать в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН вскоре после того, как она была описана, а именно с 1949 г. (Svyazeva, 2005). Саженец был привезен с Кавказа, из природных условий Армении, монографом рода *Pyrus* L. Ан. А. Федоровым (Fedorov, 1954).

Дерево было высажено на участок 8 (экземпляр № 32) парка-дендрария. Длительное время груша находилась в вегетативном состоянии. По данным инвентаризации парка, в 1981 г. этот экземпляр (32 года спустя) достиг всего 2,0 м выс. и 4 см в диаметре ствола, отмечено его удовлетворительное состояние. Груша зангезурская упоминается в числе трех видов этого рода в «Путеводителе по парку ботанического сада» как дерево на участке 8 (Komarova et al., 2001). К сожалению, вышеуказанное дерево было уничтожено при работах по реконструкции парка зимой 2003/2004 г. Однако в 1999 г. ее смогли размножить прививкой в расщеп на выс. 72 см на *P. communis* L. и сохранить в коллекции. Привитое растение высажено в парк в конце мая 2004 г., на уч. 123 парка-дендрария (экз. № 36, в южной части парка) в защищенном от ветра и достаточно светлом месте.

При посадке дерево достигало размеров 1,25 м выс. с проекцией кроны 0,6 × 0,35 м.



Рис. 1. *Pyrus zangezura* Maleev в парке Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (фото Г. А. Фирсова; 2017 г.)

Fig. 1. *Pyrus zangezura* Maleev in the park of the Peter the Great Botanical Garden of BIN (photo: G. A. Firsov; 2017)

¹ принятые сокращения: вег. – в вегетативном состоянии, всх. – всходы (год появления всходов), выс. – высота, диам. – диаметр, дл. – длина, н. у. м. – над уровнем моря, окрест. – окрестности, пл. – плодоносит, пос. – посадка (год высадки на постоянное место с питомника в парк), уч. – участок, ф. – форма, цв. – образует пыльцу, шир. – ширина, экз. – экземпляр.

Спустя 15 лет (по данным на апрель 2019 г.) груша зангезурская представляет собой ровное одноствольное дерево 8,0 м выс., 17 см в диаметре ствола, проекция кроны $4,4 \times 4,7$ м (рис. 1). Крона густая, правильная конусовидная, в верхней части пирамидальная, нижние ветви горизонтально отстоят, концы их немного приподнятые. Крона низко опущена почти до земли, штаб 75 см. Дерево имеет хорошо выраженный ствол-лидер; на высоте 2,1 м он разветвляется на несколько основных скелетных ветвей.

Даже в вегетативном состоянии груша зангезурская выделяется своими длинными и узкими глянцевыми листьями. За период наблюдений (около 35 лет) не было отмечено повреждений болезнями и вредителями. Зимостойкость – 1 (за все годы наблюдений морозами не повреждалась). В 2016 г. в условиях потепления климата (Firsov, 2014) у экземпляра на уч. 123 в возрасте 26 лет наблюдалось первое цветение и единичное плодоношение, в 2017 г. – более обильное цветение. Семена в плодах сформировались, однако по результатам первых опытов проращивания (2016, 2017 г.) оказались нежизнеспособными. На питомнике Ботанического сада БИН РАН имеются молодые экземпляры груши зангезурской, привитые на грушу обыкновенную и грушу уссурийскую (*P. ussuriensis* Maxim. ex Rupr.).

Груша зангезурская начинает вегетацию (фаза П62) на втором феноэтапе «оживления весны», как и многие другие виды деревьев в парке (в 2019 г. – 22 апреля). Цветет вскоре после появления листьев, в конце первого этапа «разгара весны» (в 2019 г. – 2 мая), через 2–3 дня после *P. ussuriensis*, которая начинает цвести в парке БИН самой ранней среди видов этого рода (рис. 2). Отцветает *P. zangezura* в «предлетье» (феноэтап РВ3). Цветение длится около 10 дней в зависимости от погоды. Цветет вскоре после облиствения. Цветки белые, тычиночные нити кремовые, пыльники пурпурно-розовые. Плоды созревают рано, в августе, в подсезоне «спада лета», и быстро опадают; желтого цвета, съедобные и сочные, но содержат каменистую мякоть (рис. 3). Плоды падают в пределах проекции кроны; за три года плодоношения (2016–2018 гг.) самосева не обнаружено.



Рис. 2. Цветение *Pyrus zangezura* Maleev в парке Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (фото Г. А. Фирсова; 2017 г.)

Fig. 2. Blossoming *Pyrus zangezura* Maleev in the park of the Peter the Great Botanical Garden of BIN (photo: G. A. Firsov; 2017)

У растений *P. zangezura* в динамике были определены размеры плодобразования (семенной продуктивности). Обычно изучение репродукции цветковых растений в динамике проводят при помощи подразделения семенной продуктивности на два типа: потенциальную и реальную (Levina, 1981). Потенциальной семенной продуктивностью называют максимально возможное коли-

чество семян, которое способно производить растение за промежуток времени при условии, что все заложенные в цветках семязачатки сформируют зрелые семена (Zlobin, 2000). Изученные растения *P. zangezura* в условиях Санкт-Петербурга характеризуются высоким потенциалом плодобразования – на 1 метре побега формируются в среднем 109 цветков. Известно, что высокий потенциальный урожай дают растения, произрастающие в оптимальных для них условиях (Yandovka, Tarbaeva, 2010). Реальная семенная продуктивность – число полноценных семян, производимое одной особью (Levina, 1981). Полноценность семян включает их жизнеспособность и массу, число здоровых семян (Zlobin, 2000). Эти показатели приводятся в работе ниже. Как правило, величина реальной семенной продуктивности у древесных растений гораздо ниже потенциальной семенной продуктивности (Yandovka, Tarbaeva, 2010). Наблюдения показали, что не все семязачатки в раскрывшихся цветках у *P. zangezura* оплодотворяются и формируют плоды и семена. Значительная часть раскрывшихся цветков через несколько дней после начала цветения подсыхают и опадают. В среднем на 1 метре побега у *P. zangezura* завязываются 7 плодов. Причины низкой завязываемости цветков могут быть разными: нарушение процессов опыления и недостаточная фертильность пыльцы, недоразвитие морфологических структур цветков, недостаток насекомых-опылителей в связи с неблагоприятными погодными условиями.



Рис. 3. Плоды *Pyrus zangezura* Maleev (фото Г. А. Фирсова; 2017 г.)

Fig. 3. Fruits of *Pyrus zangezura* Maleev (photo: G. A. Firsov; 2017)

Фертильность пыльцы, определяемая ацетокарминовым методом и показывающая процент морфологически сформированной пыльцы, у исследуемых растений *P. zangezura* в условиях Санкт-Петербурга высокая – $90,16 \pm 1,4$.

Исходя из полученных значений семенной продуктивности, у *P. zangezura* был определен коэффициент продуктивности – отношение реальной семенной продуктивности к потенциальной, выраженное в про-

центах (Levina, 1981) – 6,42%. Следует отметить, что для ряда многолетников в литературе также приводятся низкие коэффициенты продуктивности (10–30%). П. И. Осипов (Osipov, 1982), А. Stephenson (1984), В. Т. Глотова и Т. И. Клименко (Glотова, Klimentenko, 1985), Р. Е. Левина, Н. П. Старшова (Levina, Starshova, 1989), Л. Ф. Яндовка и В. М. Тарбаева (Yandovka, Tarbaeva 2010) считают их достаточными для выполнения репродуктивной стратегии. Тем более, если учитывать, что исследуемые нами растения находятся в условиях интродукции, когда многие репродуктивные процессы могут быть нарушены не подходящими для произрастания условиями, коэффициент продуктивности *P. zangezura* в условиях Санкт-Петербурга следует считать достаточным для выполнения репродуктивной стратегии растений. Невысокая семенная продуктивность растений компенсируется за счет обилия общего количества плодов и семян, производимых крупным растением. Полученные нами результаты семенной продуктивности свидетельствуют о приспособленности исследуемого вида к условиям Северо-Запада.

Рентгеноскопический анализ семян урожаев 2016, 2017 и 2018 годов показал (рис. 4, 5 и 6), что выполненным и полнотелым семенам (IV и V классов) с каждым годом в плодах становится больше. Присутствия личинок насекомых-вредителей в семенах этого вида груши не выявлено. Однако семена многих плодовых (*Malus*, *Rosa*),

культивируемых в Ботаническом саду Петра Великого, в значительной степени поражены личинками вредителей (Gryaznov et al., 2015; Tkachenko et al., 2015a, 2015b; Tkachenko, 2017).



Рис. 4. Рентгеноскопический снимок семян *Pyrus zangezura* урожая 2016 года (фото Н. Е. Староверова)

Fig. 4. X-ray picture of *Pyrus zangezura* seeds from the 2016 harvest (photo: N. E. Staroverov)

В таблице приведены биометрические показатели плодов и семян груши зангезурской в условиях Ботанического сада Петра Великого БИН РАН: среднее арифметическое и его ошибка, диапазон значений (минимальное и максимальное).

Таблица. Биометрические показатели плодов и семян *Pyrus zangezura* Maleev урожая 2018 года
Table. Biometric indicators of fruits and seeds of *Pyrus zangezura* Maleev from the 2018 harvest

	Масса одного плода, г Weight of one fruit, g	Высота плода, мм Fruit height, mm	Диаметр плода, мм Diameter of the fruit, mm	Масса 1000 семян, г Weight of 1000 seeds, g	Длина семян, мм Seed length, mm	Ширина семян, мм Seed width, mm	Толщина семян, мм Seed thickness, mm
Значения с вероятностью 95% Values with 95% probability	46,5±2,5	40,3±0,8	43,9±0,8	75,0±5,0	9,6±0,2	5,7±0,2	2,6±0,0
Диапазон значений min÷max The range of values, min ÷ max	44,0÷49,1	39,5÷41,0	43,1÷44,7	70,0÷80,1	9,4÷9,8	5,6÷5,9	2,6÷2,6

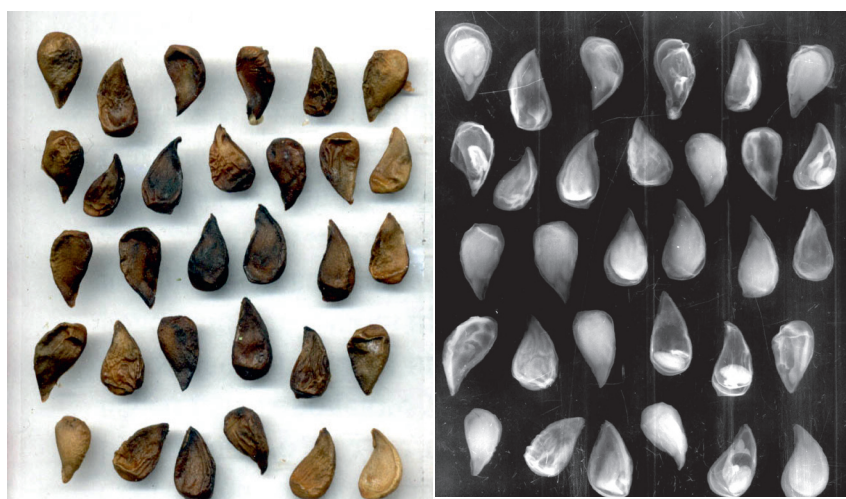


Рис. 5. Сканированные семена *Pyrus zangezura* (слева) и их рентгеноскопический снимок (справа) (урожай 2017 года)

(сканированные семена – фото К. Г. Ткаченко, рентгеновский снимок – Н. Е. Староверов)

Fig. 5. Scanned seeds of *Pyrus zangezura* (left) and their X-ray image (right) (the 2017 harvest)
(photo of scanned seeds: K. G. Tkachenko, X-ray image: N. E. Staroverov)

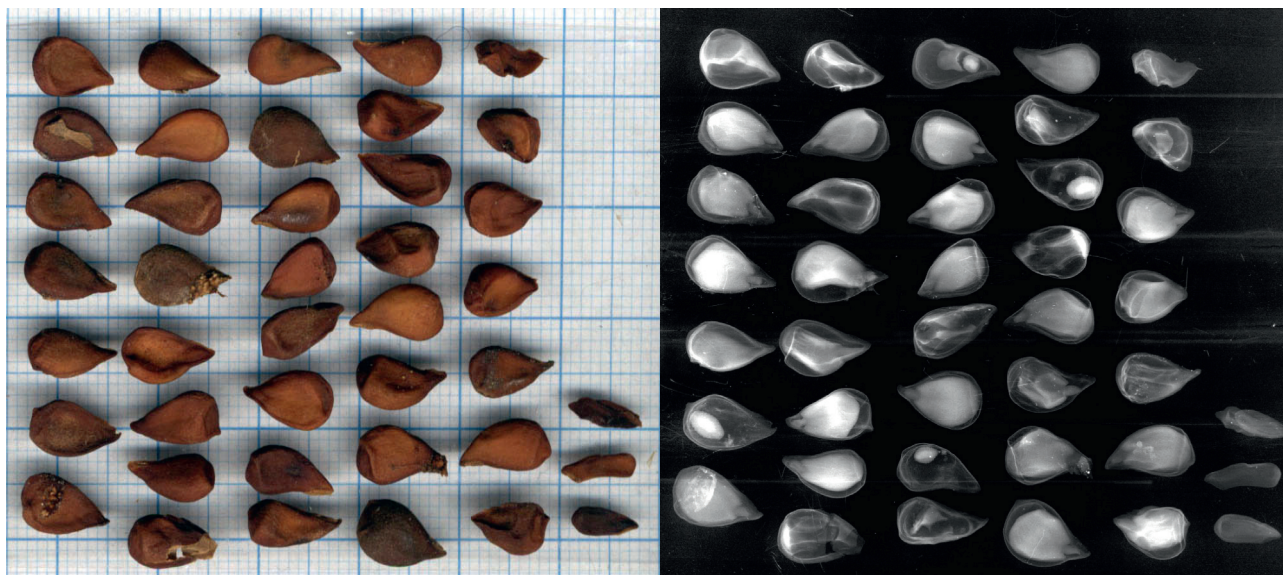


Рис. 6. Сканированные семена *Pyrus zangezura* (слева) и их рентгеноскопический снимок (справа) (урожай 2018 года) (сканированные семена – фото К. Г. Ткаченко, рентгеновский снимок – Н. Е. Староверов)

Fig. 6. Scanned seeds of *Pyrus zangezura* (left) and their fluoroscopic image (right) (the 2018 harvest) (photo of scanned seeds: K. G. Tkachenko, X-ray image: N. E. Staroverov)

Семена груши зангезурской были собраны 3 августа 2018 г. (конец первого этапа «спада лета»). Масса 1000 семян составила 76,7 г. Посев произведен 7 августа 2018 г. Всходы появились в начале второй декады апреля 2019 г. (начало второго феноэтапа «оживления весны»). К 1 мая (первый этап «разгара весны») полевая всхожесть составила 22%. К этому времени сеянцы достигли 2 см выс., полностью раскрылись семядоли. Таким образом, впервые за период интродукции в Санкт-Петербурге с 1949 г. получено семенное потомство груши зангезурской.

Вступление в репродуктивное состояние груши зангезурской отмечается на фоне значительных изменений климата. По данным метеостанции Санкт-Петербурга, год 2015 стал самым теплым в истории за весь период наблюдений – 7,7°C. Год 2016 также был теплым. Среднегодовая температура воздуха достигла 6,5°C и относится к категории «теплых». Зимой 2015/16 г. температура понижалась до –24,5°C (08.01.2016), однако зима была короткой. Февраль 2016 г. был уже на 5,8°C выше нормы (0,0°C). Почти все весенне-летние феноэтапы 2016 года наступали с большим опережением. В 2018 г. на фоне заметно повышенной теплообеспеченности имела место мощная феноаномалия. С конца весны до конца лета 8 феноэтапов подряд, с третьего этапа «разгара весны» до второго этапа «спада лета» включительно, наступили в достоверно ранние сроки, а пять осенних феноэтапов из семи, наоборот, отодвинулись по срокам их наступления. Во втором десятилетии XXI века наблюдается тенденция более раннего начала весны и более позднего наступления осенних явлений природы, особенно второй половины осени. Сокращение зимнего периода, ослабление морозов, удлинение вегетационного сезона – все это способствовало вызреванию побегов груши зангезурской, закладке цветочных почек и их успешной зимовке.

Груша зангезурская может украсить не только ботанические сады, но и городские скверы и парки. Она явно отличается от груши обыкновенной своими удлиненными ланцетными листьями даже в вегетативном состоянии и особенно декоративна в цветках и плодах. Важным моментом является и то, что по зимостойкости груша зангезурская не уступает груше обыкновенной.

Заключение

Груша зангезурская (*Pyrus zangezura*) – редкий вид, представитель флоры Армении. В Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН в Санкт-Петербурге выращивается с 1949 г. К 2019 г. высота растений достигла 8,0 м. До 2015 г. находилась в вегетативном состоянии. В 2016 г. на фоне потепления климата, сокращения зимы и удлинения вегетационного сезона, ослабления морозов и возрастания летних температур было отмечено первое цветение. Семена урожая 2018 г. оказались жизнеспособными, и весной 2019 г. впервые получено семенное потомство. Груша зангезурская может украсить не только ботанические сады, но перспективна и для городского озеленения Санкт-Петербурга. Она заметно отличается от груши обыкновенной (*P. communis*) своими удлиненными ланцетными глянцевыми листьями даже в вегетативном состоянии и особенно декоративна в цветках и плодах. По зимостойкости не уступает груше обыкновенной, показывает себя устойчивой к болезням и вредителям, может иметь значение в селекции при выведении устойчивых сортов груш для Северо-Запада России.

Работа выполнена в рамках госзадания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», номер AAAA-A18-118032890141-4.

References/Литература

- Bulygin N.E. Phenological observations of woody plants (Fenologicheskiye nablyudeniya nad drevesnymi rasteniyami). Leningrad: LTA; 1979. [in Russian] (Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Ленинград: ЛТА; 1979).
- Bulygin N.E. Biological fundamentals of dendrophenology (Biologicheskiye osnovy dendrofenologii). Leningrad: LTA; 1982. [in Russian] (Булыгин Н.Е. Биологические основы дендрофенологии. Ленинград: ЛТА; 1982).

- Fedorov An.A. Genus 14. Pear – *Pyrus* L. (Rod 14. Grusha – *Pyrus* L.). In: *Trees and Shrubs of the USSR (Derevyia i kustarniki SSSR)*. Vol. 3. Moscow; Leningrad: USSR Acad. of Sci.; 1954. p.378-414. [in Russian] (Федоров Ан.А. Род 14. Груша – *Pyrus* L. В кн.: *Деревья и кустарники СССР. Т. 3*. Москва; Ленинград: АН СССР; 1954. С.378-414).
- Firsov G.A. Woody plants of Peter the Great Botanic Garden (18th–21st centuries) and the climate of Saint Petersburg. In: *Botany: History, Theory, Practice (on the 300th anniversary of the founding of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences): Proceedings of the International Scientific Conference*. St. Petersburg: LETI; 2014. p.208-215. [in Russian] (Фирсов Г.А. Древесные растения ботанического сада Петра Великого (XVIII–XXI вв.) и климат Санкт-Петербурга. В кн.: *Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук): труды международной научной конференции*. Санкт-Петербург: ЛЭТИ; 2014; С.208-215).
- Glotova V.T., Klimentenko T.I. Peculiarities of the growth and development of *Knautia tatarica* (L.) Szabó when introduced in Kuibyshev Botanical Garden (Osobennosti rosta i razvitiya korostavnika tatarskogo pri introduktsii v Kuybyshevskom botanicheskom sadu) In: *Introduction, acclimatization, protection and use of plants (Introduktsiya, akklimatizatsiya, okhrana i ispolzovaniye rasteniy)*. Kuibyshev; 1985. p.54-57. [in Russian] (Глотова В.Т., Климентенко Т.И. Особенности роста и развития короставника татарского при интродукции в Куйбышевском ботаническом саду. В кн.: *Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений*. Куйбышев; 1985. С.54-57).
- Gryaznov A.Y., Staroverov N.E., Zhamova K.K., Kholopova E.D., Tkachenko K.G. Investigation of the quality of reproductive diaspores for the species of the apple-tree genus (*Malus* Mill.) using microfocus radiography (Issledovaniye kachestva reproduktivnykh diaspor vidov roda Yablonya (*Malus* Mill.) s pomoshchyu mikrofokusnoy rentgenografii). *Works of the Kuban State Agrarian University*. 2015;(55):49-53. [in Russian] (Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е., Жамова К.К., Холопова Е.Д., Ткаченко К.Г. Исследование качества репродуктивных диаспор видов рода Яблоня (*Malus* Mill.) с помощью микрофокусной рентгенографии. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015;55:49-53).
- Komarova V.N., Svyazev O.A., Firsov G.A., Kholopova A.V. Park guide of the Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (Putevoditel po parku Botanicheskogo sada Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova). St. Petersburg: LLC Rostok; 2001. [in Russian] (Комарова В.Н., Связева О.А., Фирсов Г.А., Холопова А.В. Путьеводитель по парку Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова. Санкт-Петербург: ООО Росток; 2001).
- Lapin P.I. Seasonal rhythm in the development of woody plants and its importance for their introduction (Sezonny ritm razvitiya drevesnykh rasteniy i ego znachenie dlya introduktsii) *Bulletin Main Botanical Garden*. 1967;65:13-18. [in Russian] (Лопин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции. *Бюллетень Главного Ботанического сада*. 1967;65:13-18).
- Levina R.E. Reproductive biology of seed plants: a review of the problem (Reproduktivnaya biologiya semen-nykh rasteniy. Obzor problemy). Moscow: Nauka; 1981. [in Russian] (Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. Обзор проблемы. Москва: Наука; 1981).
- Levina R.E., Starshova N.P. Seed productivity of two species of woundwort (*Stachys recta* L. and *S. neglecta* Klok.) in natural populations and in nursery (Semennaya produktivnost dvukh vidov chistetsa [*Stachys recta* L. i *S. neglecta* Klok.] v prirodnykh populyatsiyakh i pitomnike). In: *Ecology of plant flowering and pollination (Ekologiya tsveteniya i opyleniya rasteniy)*. Perm; 1989. p.37-46. [in Russian] (Левина Р.Е., Старшова Н.П. Семенная продуктивность двух видов чистеца (*Stachys recta* L. и *S. neglecta* Klok.) в природных популяциях и питомнике. В кн.: *Экология цветения и опыления растений*. Пермь; 1989. С.37-46).
- Osipov P.I. Seed productivity and seed renewal in the fescue steppes of Western Transbaikalia (Semennaya produktivnost i semennoye vozobnovleniye rasteniy tipchakovykh stepey Zapadnogo Zabaykalya). In: *Steppe plants of Siberia and some features of its ecology (Stepnye rasteniya Sibiri i nekotorye cherty eye ekologii)*. Novosibirsk; 1982. p.73-86. [in Russian] (Осипов П.И. Семенная продуктивность и семенное возобновление растений типчаковых степей Западного Забайкалья. В кн.: *Степные растения Сибири и некоторые черты ее экологии*. Новосибирск; 1982. С.73-86).
- Romanova N.P., Shelabotin G.P., Leonchenko V.G., Khanina N.P. Guidelines for the use of cytological methods in horticulture (Metodicheskiye rekomendatsii po primeneniyu tsitologicheskikh metodov v plodovodstve). Moscow; 1988. [in Russian] (Романова Н.П., Шелаботин Г.П., Леонченко В.Г., Ханина Н.П. Методические рекомендации по применению цитологических методов в плодоводстве. Москва; 1988).
- Staroverov N.E., Gryaznov A.Y., Zhamova K.K., Tkachenko K.G., Firsov G.A. Use of microfocus radiography to control the quality of fruits and seeds – reproductive diaspores (Primeneniye metoda mikrofokusnoy rentgenografii dlya kontrolya kachestva plodov i semyan – reproduktivnykh diaspor) *Biotechnosfera*. 2015;6(42):16-19. [in Russian] (Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества плодов и семян – репродуктивных диаспор. *Биотехносфера*. 2015;6(42):16-19).
- Stephenson A. The regulation of material investment in an indeterminate flowering plant (*Lotus corniculatus*). *Ecology*. 1984;65(1):113-121.
- Svyazeva O.A. Trees, shrubs and lianas in the park of the Botanical Garden, Komarov Botanical Institute. Concerning the history of domestication (Derevyia, kustarniki i liany parka Botanicheskogo sada Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova. K istorii vvedeniya v kulturu). St. Petersburg: Rostok; 2005. [in Russian] (Связева О.А. Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова (К истории введения в культуру). Санкт-Петербург: Росток; 2005).
- Tkachenko K.G. The latent period of some of species of the genus *Malus* introduced in the Peter the Great Botanical Garden. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(2):25-32. [in Russian] (Ткаченко К.Г. Латентный период некоторых видов рода *Malus*, интродуцированных в Ботанический сад Петра Великого. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(2):25-32).
- Tkachenko K.G., Firsov G.A., Gryaznov A.Y., Staroverov N.E. Quality of reproductive diaspores of species of *Malus* Mill. genus introduced into Peter the Great Botanical Garden. *Vestnik Udmurtskogo universiteta = Bulletin of Udmurt University. Series: Biology. Earth Sciences*. 2015a;25(4):75-80. [in Russian] (Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А., Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е. Качество

репродуктивных диаспор видов рода Яблоня (*Malus* Mill.) интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого. *Вестник Удмуртского Университета. Серия Биология. Науки о земле*. 2015a;25(4):75-80).

Tkachenko K.G., Kapelyan A.I., Gryaznov A.Y., Staroverov N.E. Quality of reproductive diaspores *Rosa rugosa* Thunb. which introduced into Peter the Great Botanical Garden. *Bulletin of the Botanical Garden-Institute FEB RAS*. 2015b;(13):41-48. [in Russian] (Ткаченко К.Г., Капелян А.И., Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е. Качество репродуктивных диаспор *Rosa rugosa* Thunb., интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого. *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2015b;(13):41-48).

Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Y. X-ray quality control of fruits and seeds. *Hortus botanicus*. 2018;(13):52-66. [in Russian] (Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. Рентгенографическое

изучение качества плодов и семян. *Hortus botanicus*. 2018;(13):52-66). DOI: 10.15393/j4.art.2018.5022

Yandovka L.F., Tarbaeva V.M. Seed productivity in *Cerasus*, *Microcerasus* and *Amygdalus* (Rosaceae) species (Semennaya produktivnost u vidov *Cerasus*, *Microcerasus* i *Amygdalus* [Rosaceae]). *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2010;8(212):51-58. [in Russian] (Яндовка Л.Ф., Тарбаева В.М. Семенная продуктивность у видов *Cerasus*, *Microcerasus* и *Amygdalus* (Rosaceae). *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2010;8(212):51-58).

Zlobin Y.A. Potential seed productivity (Potencialnaya semennaya produktivnost). In: T.B. Batygina (ed.). *Embryology of flowering plants (Embriologiya tsvetkovykh rasteniy)*. Vol. 3. St. Petersburg: Mir i semya; 2000. p.258-260. [in Russian] (Злобин Ю.А. Потенциальная семенная продуктивность. В кн.: *Эмбриология цветковых растений. Т. 3 / под ред. Т.Б. Батыгиной*. Санкт-Петербург: Мир и семья; 2000. С.258-260).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А., Яндовка Л.Ф., Волчанская А.В., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. Груша зангезурская (*Pyrus zangezura*, Rosaceae) в Санкт-Петербурге. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):12-18. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-12-18

Tkachenko K.G., Firsov G.A., Yandovka L.F., Volchanskaya A.V., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu *Pyrus zangezura* (Rosaceae) at Saint Petersburg. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):12-18. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-12-18

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-12-18>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ГЕНОФОНД ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ (СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-19-25

УДК 631.527:631.112

Поступление/Received: 09.04.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

В. И. БУРЕНИН, Д. В. СОКОЛОВА, Т. М. ПИСКУНОВА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ tmpiskunova@yandex.ru

THE GENE POOL FOR TABLE BEET BREEDING
(MODERN ASPECTS OF STUDY AND USE)

V. I. BURENIN, D. V. SOKOLOVA, T. M. PISKUNOVA

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources
(VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000,
Russia;
✉ tmpiskunova@yandex.ru

Актуальность. Современное производство предъявляет повышенные требования к используемому сортименту, поэтому создание новых сортов и гибридов, максимально приспособленных к определенным почвенно-климатическим условиям, является актуальной задачей селекции. **Материалы и методы.** Материалом для исследований послужили образцы свеклы столовой, поступившие в коллекцию ВИР из 17 стран. Изучение образцов проводили в 2005–2015 гг. в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», в Центре генофонда и биоресурсов растений ВСТИСП и на Майкопской опытной станции – филиале ВИР согласно методическим указаниям ВИР. **Результаты.** Установлена связь между скороспелостью, устойчивостью к цветущности, холодостойкостью и устойчивостью к корнедуду. Наибольшее число изученных образцов имели средние показатели устойчивости к корнедуду. Выделившиеся по устойчивости к корнедуду сорта 'Asmer Detroit 72' (к-3113, Великобритания), 'Браво' (к-3047, Россия) и 'Подзимняя А-474' (к-1678, Россия) характеризовались также холодостойкостью и стабильной урожайностью. Установлены различия по устойчивости образцов к цветущности в зависимости от их происхождения. Наиболее устойчивыми к цветущности были сорта из Швеции и Финляндии, а также из Северо-Западного региона России. Скороспелые образцы 'Perfected Detroit Dark Red' (к-1815, Канада), 'Bikor' (к-2873, Нидерланды), 'Северный шар' (к-1586, Россия) и 'Полярная плоская' (к-1585, Россия) характеризовались высокими темпами нарастания вегетативной массы и были устойчивыми к цветущности. Отмечено, что образцы со 100% раздельноплодностью уступают сростноплодным сортам по скороспелости, устойчивости к цветущности и урожайности, но имеют близкие показатели по химическому составу и качеству корнеплодов. Выделены образцы широкого ареала, сохраняющие в разных условиях урожайности корнеплодов на уровне 115–120% к стандарту. **Выводы.** В результате исследований выделены образцы свеклы столовой, характеризующиеся комплексом биологических и хозяйственно ценных признаков. Установлена связь между скороспелостью, устойчивостью к цветущности и холодостойкостью. Для использования в селекции рекомендованы генетические источники раздельноплодности, холодостойкости, нецветущности, устойчивости к корнедуду, высокого качества продукции.

Ключевые слова: корнедуд, холодостойкость, раздельноплодность, скороспелость, устойчивость к цветущности, исходный материал для селекции.

Background. Modern production imposes increased requirements to the range of used cultivars, so the development of new cultivars and hybrids most adapted to certain soil and climatic conditions is an important task of breeding. **Materials and methods.** Table beet accessions from the VIR collection originating from 17 countries were chosen as the material for the present research. The accessions were studied at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, at the Genetic Diversity and Plant Bioresources Center of the All-Russian Breeding and Technological Institute of Horticulture and Nursery (VSTISP) and at Maikop Experiment Station, a branch of VIR, according to VIR's guidelines. **Results.** The relationships between earliness, bolting resistance, cold tolerance and resistance to black root have been established. The majority of the studied accessions had medium resistance to black root. The cultivars 'Asmer Detroit 72' (k-3113, Great Britain), 'Bravo' (k-3047, Russia) and 'Podzimnyaya A-474' (k-1678, Russia) distinguished by resistance to black root, were also characterized by cold tolerance and stable productivity. The differences in bolting resistance among the accessions were found to depend on their origin. The cultivars from Sweden, Finland and from the Russian Northwest were most resistant to bolting. The early accessions 'Perfected Detroit Dark Red' (k-1815, Canada), 'Bikor' (k-2873, the Netherlands), 'Severny shar' (k-1586, Russia) and 'Polyarnaya ploskaya' (k-1585, Russia) were characterized by high rates of the vegetative mass growth and bolting resistance. It was noted that the absolutely monogermic varieties have lower ripening rates, productivity, and resistance to bolting, compared to the multigerm ones, but have similar chemical composition indicators and root quality. Accessions with a wide distribution area that maintain high root productivity at 115–120% to the reference in different climatic conditions have been identified. **Conclusions.** The research has resulted in the identification of table beet accessions characterized by a complex of biological and economically important traits. The relationships between earliness, resistance to bolting and cold tolerance have been revealed. Genetic sources of monogermicity, bolting resistance, cold tolerance, black root resistance and high root quality are recommended for the use in breeding.

Key words: black root, monogermicity, cold tolerance, early ripeness, bolting resistance, initial breeding material.

Введение

Столовая свекла (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) – важная овощная культура, возделываемая практически во всех почвенно-климатических регионах России.

Корнеплоды ее ценятся за содержание биологически активных веществ, минеральных солей, органических

кислот и витаминов. Важной особенностью столовой свеклы является способность ее корнеплодов сохранять полезные свойства при длительном хранении, включая пищевые и диетические достоинства. Все это определяет популярность и широкое распространение этой культуры, сравнительно высокий уровень селекционной работы и применяемых технологий возделывания.

Вместе с тем современное производство предъявляет повышенные требования к используемому сортименту, включая адаптивность к разнообразным условиям выращивания, а именно: устойчивость к вредителям и болезням, скороспелость, устойчивость к цветущности, качество продукции. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, отсутствуют сорта, обладающие высокими показателями по всем важным признакам. Поэтому создание новых сортов и гибридов, максимально приспособленных к определенным почвенно-климатическим условиям, является актуальной задачей современной селекции. При этом важен подбор и всестороннее изучение исходного материала с целью создания адаптированных сортов применительно к комплексным (интегрированным) системам производства данной культуры.

Материал, условия и методы проведения исследований

Материалом для исследований послужили образцы свеклы столовой, поступившие в коллекцию ВИР из 17 стран. Описание образцов в период вегетации, оценку их во время хранения и анализы проводили согласно методическим указаниям ВИР (Guidelines..., 1989). Изучение проводили в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин Ленинградской обл.), в Центре генофонда и биоресурсов растений (г. Михнево Московской обл.) и на Майкопской опытной станции – филиале ВИР (г. Майкоп Краснодарского края) в 2005–2018 гг. Почвенно-климатические условия в годы исследований значительно различались. В Пушкине почвы преимущественно дерново-подзолистые, супесчаные; в Михнево – суглинистые и глинистые; в Майкопе – черноземовидные, тяжело суглинистые. Наибольшая сумма температур за период вегетации (май – сентябрь) в годы исследований отмечена в Майкопе (2791°C); она сочеталась с более высокой суммой осадков (453 мм). В Пушкине и Михнево эти показатели составили 2043 и 2133°C; 325 и 321 мм соответственно. Вегетационный период в Пушкине – 110–120, в Михнево – 115–125 и в Майкопе – 140–150 дней.

Оценку образцов свеклы на холодостойкость и устойчивость к цветущности проводили на Полярной опытной станции ВИР – филиале ВИР (г. Апатиты Мурманской обл.), где минимальные температуры за период вегетации колебались от 4,4 до 7,8°C. Безморозный период длился 50–80 дней, а период с температурой не выше 10°C – не более 70 дней. В результате сочетания с длинным днем (20–24 часа в мае – июне) создаются благоприятные условия для выявления цветущих биотипов на посевах.

Известно, что в меняющихся условиях произрастания резко возрастает модификационная изменчивость, что позволяет выделять из популяций «нужные» генотипы, включая сочетание полезных признаков и свойств.

Результаты и обсуждение

Задачи современной селекции

В формировании стабильных урожаев свеклы столовой важную роль играет сочетание в сорте биологических (скороспелость, холодостойкость, нецветущность, устойчивость к болезням и вредителям) и хозяйственно ценных (урожайность и качество продукции) признаков. Известна зависимость между холодостойкостью, нецветущностью и скороспелостью, а также с устойчивостью к корнееду – вредоносному заболеванию посевов свеклы, распространенному практически во всех регионах ее возделывания (Burenin, Sokolova,

2014). Последнее особенно важно в связи с современными технологиями производства, базирующимися на формировании густоты стояния растений без применения ручного труда (Pivovarov, 2010).

В последние годы в селекции столовой свеклы сформировалось новое направление с использованием цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), обеспечивающее создание гетерозисных гибридов. Получило распространение другое важное направление – выведение раздельноплодных сортов и получение гибридов F₁, существенно изменивших технологию возделывания этой культуры (Fedorova, Burenin, 2010; Burenin et al., 2016).

Наряду с урожайностью для нашей страны, характеризующейся большим разнообразием почвенно-климатических условий, необходимы скороспелые сорта и гибриды для выращивания ранней продукции в районах коротким вегетационным периодом; засухоустойчивые – для районов с недостатком влаги; жаростойкие – для районов с жарким климатом; холодостойкие – для условий Севера. При этом сорта должны отличаться хорошей лежкостью корнеплодов при длительном хранении.

Столовая свекла – двулетнее аллогамное растение, в популяциях которого присутствуют генетически неоднородные биотипы, по-разному реагирующие на условия внешней среды. В меняющихся условиях произрастания модификационная изменчивость резко возрастает, что позволяет дифференцировать популяции и выделять ценные биотипы. На это неоднократно указывал Н. И. Вавилов (Vavilov, 1934, 1935), который подчеркивал важность поиска и использования разных экологических фонов для оценки исходного и селекционного материала. Для практики особенно ценны сорта так называемого широкого ареала, являющиеся важным источником для последующих селекционных изысканий. В этом плане актуальным является подбор и всестороннее изучение разнообразного исходного материала с использованием современных селекционно-генетических методов. Учитывая сложную наследуемость и неоднозначную генетическую обусловленность признаков и свойств, определяющих продуктивность данной культуры, важно выяснить взаимосвязи между признаками, характер и направления их изменчивости (Burenin, Piskunova, 2018).

1. Холодостойкость – устойчивость к корнееду

Свекла – сравнительно холодостойкое растение, приспособленное для возделывания почти во всех земледельческих регионах России. Холодостойкость позволяет проводить сверххранение и подзимние посевы, получать раннюю продукцию, а также два урожая за сезон в ряде южных областей. Сортимент столовой свеклы, включенный в Госреестр РФ (State Register..., 2018), предназначенный для товарного производства, условно разделен нами на три группы (табл. 1). Анализ сортимента, включающего 143 сорта и гибрида, показал, что более половины сортов имеют сравнительно узкий (1–2 области) ареал. При этом различия наблюдаются в зависимости от сортотипа. Наибольшее количество сортов так называемого широкого ареала, относятся к сортотипу Бордо, что, по-видимому, связано с характерной для этого сортотипа высокой адаптивностью и пластичностью, обеспечивающей устойчивую урожайность в разных почвенно-климатических условиях. Из отечественных сортов – это 'Бордо 237' (к-201), 'Браво' (к-3047), 'Бордо односемянная' (к-3151), 'Бордовая ВНИИО' (к-3692); из зарубежных – гибриды F1 'Боро' (вр. к-2315), 'Беттоло' (вр. к-1767), 'Водан' (к-3630), 'Субетто' (вр. к.-1492), 'Ронда' (к-2935), 'Пабло' (к-3051) и 'Ред Клауд' (к-3207, Нидерланды).

Таблица 1. Ареал сортов свеклы столовой в России (Госреестр РФ, 2018)**Table 1. Beet varieties distribution range in Russia** (State Register of the Russian Federation, 2018)

Число областей районирования	Количество сортов, включенных в Госреестр			
	Всего	в том числе сортотипов		
		Египетская	Бордо	Цилиндрическая
1–2	87	17	56	14
3–5	36	5	24	7
6–10 и более	20	1	17	2
Всего	143	23	98	23

С холодостойкостью связана устойчивость растений свеклы к корнееду, поражающему всходы и молодые растения. Корнеед – эколого-микробиальная болезнь, вызываемая комплексом микромицетов; она особенно сильно развивается при ухудшении условий произрастания растений. При этом соотношение и состав возбудителей (около 80 различных грибов и бактерий) значительно варьирует в зависимости от района возделывания. В годы с прохладной весной преобладают грибы из родов *Phytium* и *Phoma*, а с теплой и жаркой – *Arhanomyces*.

Вредоносность корнееда особенно ощутима при современных технологиях возделывания столовой свеклы, когда посев проводится на заданную густоту стояния растений. При этом важно иметь сорта, устойчивые к этому заболеванию. Анализ мирового сортимента показывает, что абсолютно устойчивых к корнееду сортов пока нет. Связано это, по-видимому, как с разнообразием состава возбудителей, так и с большой изменчивостью патогенов в зависимости от экологических условий. Поэтому необходим поиск иммунных вариаций устойчивости или толерантности путем всестороннего изучения генетических ресурсов (Zhukovsky, 1971).

В результате изучения образцов свеклы столовой в НППБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» установлено, что наибольшее число образцов (около

65%) было со средним проявлением устойчивости к корнееду. Среди изученных образцов выделился 'Asmer Detroit 72' (к-3113, Великобритания), характеризующийся также холодостойкостью и стабильной урожайностью (105–109% к стандарту 'Бордо 237'). Близки к нему 'Detroit dark red turnip' (к-1757, Франция) и 'Perfected Detroit Dark Red' (к-1815, Канада). Сравнительно устойчивым к корнееду был и сорт 'Холодостойкая 19' (к-2043, Беларусь). Из отечественных сортов по комплексу признаков выделился 'Браво' (к-3047). Сорт 'Подзимняя А-474' (к-1678) также характеризовался холодостойкостью и был сравнительно устойчив к корнееду.

2. Скороспелость – устойчивость к цветущности

При сравнительном изучении набора образцов свеклы столовой (сверххранный посев 21–22 мая в Пушкине и подзимний посев в Майкопе) выделены три группы: 1 – скороспелая (80–90 дней вегетации), 2 – среднеспелая (100–110 дней) и 3 – позднеспелая (более 110 дней) (табл. 2). Анализ данных показал, что скороспелые образцы были в 1,5–2 раза менее цветущими и на 5–10% меньше поражались корнеедом. По урожайности они незначительно (на 5–9%) уступали средне- и позднеспелым. Товарность их корнеплодов также была сравнительно высокой (90–94%).

Таблица 2. Сравнительная характеристика образцов столовой свеклы, различающихся по уровню спелости**Table 2. Comparative characters of table beet accessions differing in maturity time**

Группа образцов	Число образцов	Поражение корнеедом, %	Цветущность, %	Урожайность (% к стандарту Бордо 237)	Товарность, %
Скороспелые	15	46,0	6,0	100,6	94,0
Среднеспелые	38	56,0	15,0	105,0	97,5
Позднеспелые	6	51,0	9,1	109,0	98,6

Известно, что пониженная температура является провоцирующим фоном, вызывающим цветущность. На ее проявление могут влиять также длина дня, условия питания и увлажнения. При этом установлено различное поведение растений в зависимости от происхождения и экологических условий, в которых формировался сорт (Krasochkin et al., 1971). Близкие данные получены и в наших исследованиях. Наибольшее количество устойчивых к цветущности образцов поступили в коллекцию ВИР из Северо-Западной Европы (32,5%) и России (24,5%), далее Америка (США и Канада) и Восточная Европа (по 16%). В пределах каждой группы наблюдались значительные различия между образцами. Несмотря на это, наиболее устойчивыми к цветущности были сорта из Швеции и Финляндии, а также из Северо-Западного региона Рос-

сии, что связано с условиями их создания. Устойчивыми к цветущности в условиях Заполярья оказались отечественные сорта 'Полярная плоская' (к-1585, выведен в условиях Мурманской обл.) и 'Подзимняя А-474' (создан путем отбора при подзимних посевах в Подмоскowie). Из зарубежных нецветущими были: 'Bikor' (к-2873, Нидерланды), 'Detroit dark red turnip', 'Avonearly' (к-2040, Италия). Вместе с тем у отечественных сортов варьирование по уровню цветущности было значительным – от устойчивых до сильно склонных (до 50%) к цветущности, что объясняется многообразием условий, в которых создавались эти сорта – от севера (Мурманская обл.) до юга (Краснодарский край), в Сибири и на Дальнем Востоке.

В результате дифференциации генофонда столовой свеклы в зависимости от скороспелости дана оценка

образцов по темпам нарастания массы растений в целом и отдельно – корнеплодов (табл. 3). Образцы, различающиеся по уровню спелости, характеризовались разными темпами нарастания вегетативной массы, которые у скороспелых образцов были на 10–21% выше

как по общей массе растений, так и по массе корнеплодов. Указанные образцы были устойчивыми к цветущности, а следовательно пригодны для ранневесенних посевов, обеспечивая при этом получение пучковой продукции на 50–55 день после посева.

Таблица 3. Дифференциация образцов свеклы столовой в зависимости от их скороспелости

Table 3. Differentiation of table beet accessions according to their earliness

Уровень спелости	Цветущность, %	Образцы	Средняя масса, г		
			растения	корнеплода	в % от общей массы
Скороспелые (80–90 дней)	0–0,5	Perfected Detroit Dark Red (Канада), Bikor (Нидерланды), Северный шар и Полярная плоская (РФ)	110–159	67–84	43,0–52,6
Среднеспелые (100–110 дней)	1,5–3,0	Пушкинская плоская, Ленинградская округлая, Несравненная (РФ), Холодостойкая 19 (Беларусь), Камуляй 2 (Литва)	143–171	50–71	37,6–42,9

3. Раздельноплодность – урожайность – качество продукции

Раздельноплодность – важный биологический признак, имеющий большое хозяйственное значение, позволяющий возделывать свеклу без затрат ручного труда на прореживание всходов. До середины прошлого столетия наряду со сростноплодными (многосемянными) в селекционной практике и производстве использовались и одноростковые популяции, в полевых условиях обеспечивающие появление преимущественно по одному ростку из плодика. Однако признак «одноростковость» оказался очень нестабильным (Krasochkin et al., 1971; Burenin, 2007).

Позднее были обнаружены биотипы (мутанты) с раздельными плодами, положившие начало сортам раздельноплодной свеклы – сначала сахарной, затем столовой. Выделенные раздельноплодные формы, а в последующем и сорта оказались низкоурожайными, семенники их – позднеспелыми и с низким качеством семян. Для повышения их продуктивности селекционеры пошли по пути использования гетерозиса в первом поколении от скрещивания раздельноплодных форм со сростноплодными сортами (Savitsky, 1958). При этом для создания новых высокопродуктивных сортов и гибридов важно было привлечь разнообразный исходный материал.

В результате изучения набора образцов свеклы столовой по уровню и характеру проявления признака раздельноплодности в потомстве выделены три группы: 1 – генетически раздельноплодные; 2 – одноростковые популяции; 3 – гибриды первого поколения (табл. 4). В первую группу – генетически раздельноплодных – вошли образцы, которые имели 100-процентную раздельноплодность оригинальных семян и сохраняли этот признак в C_1 и C_2 . При сравнении образцов этих групп выявлены значительные различия, в частности по таким важным признакам, как холодостойкость, устойчивость к цветущности, скороспелость и устойчивость к корнееду, по которым раздельноплодные формы уступают сростноплодным; урожайность их в среднем на 10–15% ниже. При этом следует учитывать, что раздельноплод-

ность требует постоянного контроля на всех этапах селекционного процесса, а своевременная браковка и отбор стабильных биотипов необходим и при работе с линейными материалами, особенно на первых этапах их создания (Balkov, 1990). Как показала селекционная практика, сравнительно быстрое размножение семян источников раздельноплодности достигается при скрещивании их с одноростковыми популяциями (Krasochkin et al., 1971; Burenin, 2007). В наших исследованиях отдельные одноростковые образцы характеризовались довольно высокой (80–85%) степенью раздельноплодности, а также скороспелостью и относительной устойчивостью к корнееду – отечественные сорта 'Односемянная' (к-2080) и 'Одноростковая' (к-2147). С использованием отечественных и зарубежных одноростковых форм были сформированы популяции, а затем сорта, которые включены в Госреестр РФ под названием 'Валента' (к-3050) и 'Вировская односемянная' (к-3150), характеризующиеся при этом устойчивостью к цветущности.

Для повышения урожайности раздельноплодных форм используют гибридизацию МС-компонентов раздельноплодной свеклы со специально подобранными (гетерозисными) сростноплодными опылителями. Это предполагает значительные изменения в семеноводстве, а именно: раздельный посев компонентов скрещивания на маточники, раздельная уборка и хранение маточных корнеплодов, раздельная их посадка на следующий год для переопыления в соотношениях 1:1, 1:2 или 1:3 (опылитель: МС-форма) и раздельная уборка семян (Balkov, 1990). При этом приходится решать задачи по поиску биотипов с ЦМС и закрепителей к ним. Несомненно, решение этих непростых задач невозможно без наличия разнообразного исходного материала с учетом основных направлений его использования. Определенный интерес в этом плане представляют в качестве гетерозисных опылителей сростноплодные сорта: 'Бордо 237', 'Подзимняя А-474' и 'Браво' (РФ), 'Айняй' и 'Витену Бордо' (к-2227, Литва), 'Холодостойкая 19' (Беларусь), 'Perfected Detroit Dark Red' (Канада), 'Bikor' (Нидерланды) и 'Avonearly' (Италия), обладающие стабильностью проявления основных хозяйственно ценных признаков при выращивании в разных условиях.

4. Адаптивность и ареал сорта

Современное производство овощной продукции нуждается в сортах и гибридах, обеспечивающих стабильную урожайность при выращивании в разных почвенно-климатических условиях, что особенно важно для нашей страны, характеризующейся большим их разнообразием. Известно, что отдельные высокоурожайные сорта не всегда выделяются по другим важным признакам, включая адаптивность. В связи с этим, поиск разнообразного исходного материала для селекции новых пластичных сортов и гибридов является актуальным. На это неоднократно указывал Н. И. Вавилов (Vavilov, 1934, 1935), подчеркивая важность использования разных способов экологической оценки исходного и селекционного материала.

При изучении образцов свеклы столовой из 12 стран одновременно в трех пунктах: Пушкин Ленинградской обл., Михнево Московской обл. и Майкоп Краснодарского края в течение трех лет (2013–2015) проведена оценка их реакции на разные условия произрастания. Погодные условия в годы проведения исследований значительно различались. В 2014 г. температура воздуха в Майкопе и Михнево была на уровне средних многолетних, но осадки выпали неравномерно, особенно

в Михнево, где их отсутствие в период «посев – всходы» задерживало развитие растений. В Пушкине же вегетационный период 2014 г. отличался повышенными температурами в течение всего лета (на 2–5 градусов выше среднеемноголетних). При этом в сочетании с недостатком влаги задерживался рост и развитие растений.

В 2015 г. температура воздуха держалась на уровне среднеемноголетних данных. Такая же картина наблюдалась и с выпадением осадков, за исключением Михнево, где в мае – июле их выпало на 83% больше нормы. Год 2016 характеризовался обильными осадками во всех пунктах изучения (на 45–64% больше нормы). При этом периоды дождей чередовались с засушливыми, включая Майкоп, где в июле наблюдалось уменьшение осадков, что сказалось на развитии растений и формировании корнеплодов. Различия в погодных условиях позволили оценить реакцию изучаемых образцов на контрастные условия произрастания в разных пунктах (см. табл. 4). По уровню урожайности изучаемые образцы распределились по четырем группам, причем наибольшее число высокоурожайных сортов (1-я и 2-я группы) отмечено в Михнево. Доля низкоурожайных образцов (3-я и 4-я группы) была примерно одинаковой во всех трех пунктах.

Таблица 4. Уровень урожайности образцов столовой свеклы в зависимости от пункта изучения

Table 4. The level of table beet accessions productivity depending on the location of study

Пункт изучения	Количество образцов с урожайностью (в % к стандарту Бордо 237)				Всего образцов
	110 и более	101–109	90–100	менее 90	
Пушкин	4 (19)	6 (28,5)	5 (24)	6 (28,5)	21
Майкоп	4 (19)	7 (33)	2 (9,5)	8 (38)	21
Михнево	6 (28,5)	6 (28,5)	3 (14)	6 (28,5)	21

Средняя урожайность по сортам составила 15,7 кг/10 м²; она варьировала от 12,1 до 19,7 кг. Максимальная урожайность получена в Майкопе в 2015 г. – 20,6 кг/10 м². Наибольший интерес представляют образцы, сохраняющие высокий уровень урожайности одновременно в трех пунктах, или так называемые сорта широкого ареала. По результатам исследований к сортам такого типа отнесены: 'Goldiers Super black' (к-270, Великобритания), 'Detroit dark red turnip', 'Perfected Detroit Dark Red' и 'Прыгажуня' (к-3064, Беларусь), сохраняющие в разных условиях урожайность корнеплодов на уровне 115–120% к стандарту и выше. Они пригодны для интенсивных технологий возделывания и являются исходным материалом для создания новых коадаптированных сортов и гибридов применительно к разным регионам страны.

5. Химический состав – вкусовые качества корнеплодов

Основным показателем качества корнеплодов столовой свеклы является химический состав, определяющий их пищевые и вкусовые достоинства, а также диетические свойства. Корнеплоды богаты углеводами, минеральными солями, органическими кислотами и витаминами (С, В₁, В₂, Р, РР, биотин, пантотеновая и фолиевая кислоты). Физиологически активные вещества – бетаин и бетанин – способствуют снижению кровяного давления, улучшению жирового обмена, предупреждению атеросклероза и тормозят развитие злокачественных опухолей. Известна значительная изменчивость химического состава в зависимости от условий

выращивания и хранения. Вместе с тем наблюдаются значительные сортовые различия, обусловленные генотипическими особенностями используемого материала (Esyunina, 1971).

Известно, что сорта столовой свеклы различаются по форме корнеплодов, варьирующей от плоской до удлиненно-конической и цилиндрической. Однако устойчивой связи между формой корнеплодов и содержанием химических веществ не наблюдалось. По содержанию сухого вещества и сахаров в корнеплодах выделялись образцы: 'Ronde noirs longue' (к-1983, Франция) и 'Пушкинская плоская' (РФ). Повышенным содержанием бетанина отличались стародавние и примитивные формы свеклы: 'Trevis' (вр. к.-1203, Франция), 'Lange dicke dunkellaubige' (к-25, Нидерланды) и 'Halblange' (к-1603, Германия), что, по-видимому, связано с действием селекции; на ранних этапах в результате одностороннего отбора по вкусовым качествам отбраковывались растения с повышенным содержанием бетанина, придающим мякоти корнеплодов специфический привкус (Burenin, 2007).

Изучение односторонних образцов столовой свеклы показало, что по химическому составу они близки к многосторонним (многосемянным). По содержанию сухого вещества и сахаров выделялись: 'Bikor' (Нидерланды) и отечественные сорта – 'Односторонняя' и 'Односемянная' (13,5–14,5% и 7,0–8,5% соответственно). Содержание аскорбиновой кислоты и бетанина оказалось очень изменчивым; повышенным оно было у 'Bikor'. Следовательно, односторонность и химический состав корнеплодов тесно не связаны, что открывает возможности для дальнейшего улучшения односторонней свеклы. Выде-

лившиеся по химическому составу образцы, включая многоплодные (многосемянные), представляют интерес как для непосредственного использования в производстве, так и в селекции на гетерозис.

В результате дегустации образцов столовой свеклы отечественного и зарубежного происхождения выделены образцы, характеризующиеся повышенными (4,3–5,0 баллов) вкусовыми качествами. Среди них сорта 'Несравненная' (к-1581, Россия) и 'Ленинградская округлая' (к-221, Россия), 'Холодостойкая 19' и 'Белорусская' (к-2044, Беларусь) и 'Gutz Green leaf' (к-1825, США). Близка к ним 'Односемянная'. В результате анализа не установлено четкой зависимости между урожайностью корнеплодов и их вкусовыми качествами. Так, хорошим вкусом характеризовались как высокоурожайные – 'Ленинградская округлая', 'Холодостойкая 19', так и сравнительно низкоурожайные – 'Несравненная' (к-1581, Россия), 'Егурте' (к-3599) из Алжира. Не выявлено устойчивой зависимости и с содержанием сахаров. Например, 'Донская плоская' (к-1617, Россия) и 'Red Cross' (к-2095, США) значительно различались по содержанию сахаров (4,95–6,0% соответственно), но имели близкие оценки вкуса корнеплодов (3,9–4,0 балла). При равных оценках вкусовых качеств (3,8 балла) образцы 'Banko' (к-2066, Швеция) и 'Односемянная' также значительно различались по сахаристости корнеплодов (7,4 и 11,0%). Следовательно, вкусовые качества наряду с сахарами обусловлены содержанием других химических веществ, а также консистенцией мякоти.

Исследуемые образцы свеклы, как правило, характеризовались интенсивно окрашенной мякотью корнеплодов. Это относится к качественным сортам 'Несравненная' и 'Пушкинская плоская', а также 'Белорусская', 'New Globe' (к-1980, США), 'Red Cross' (к-2095, США) и 'Monoking Explorer' (к-2059, Франция). При этом они имели высокие оценки вкусовых качеств (4,2–4,5 балла). Вместе с тем сравнительно высокую оценку вкуса имел и отечественный сорт 'Кубанская борщевая 43' (к-1967), характеризующийся слабой интенсивностью окраски мякоти корнеплодов.

Заключение

В формировании стабильного урожая столовой свеклы важную роль играет сочетание в сорте/гибриде биологических (холодостойкость, скороспелость, устойчивость к болезням) и хозяйственно ценных (урожайность и качество продукции) признаков. Установлена связь между скороспелостью, устойчивостью к цветущности и холодостойкостью. С холодостойкостью связана и устойчивость к вредоносному заболеванию всходов – корнееду, распространенному практически во всех регионах возделывания свеклы. Сорта и формы свеклы, полностью устойчивые к этой болезни, пока не выявлены, что свидетельствует о сложных взаимоотношениях растения-хозяина и возбудителя. Окончательно не выяснена генетическая обусловленность таких важных признаков, как урожайность и качество продукции, а также взаимосвязи между ними, что, по-видимому, связано с множественностью этих полигенных признаков и свойств. Заслуживают внимания образцы (биотипы), сравнительно устойчивые или толерантные к заболеваниям, в сочетании с другими признаками, включая отдельноплодность и качество продукции. В связи с этим комплексное изучение геноресурсов, применительно к основным регионам возделывания, является одной из важных задач современной селекции.

В результате исследований выделены образцы свеклы столовой, характеризующиеся комплексом биологических и хозяйственно ценных признаков. Для

использования в селекции рекомендуются генетические источники отдельноплодности, холодостойкости, нецветущности, а также сравнительно устойчивые к заболеваниям, что позволит создавать новые сорта и гибриды свеклы столовой, наиболее полно удовлетворяющие требованиям производства и рынка в современных условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания по тематическому плану ВИР по теме № 0662–2019–0003 «Генетические ресурсы овощных и бахчевых культур мировой коллекции ВИР: эффективные пути расширения разнообразия, раскрытия закономерностей наследственной изменчивости, использования адаптивного потенциала».

References/Литература

- Balkov I.Ya. Beet CMS (CMS svekly). Moscow: Agropromizdat; 1990. [in Russian] (Балков И.Я. ЦМС свеклы. Москва: Агропромиздат; 1990).
- Burenin V.I. Genetic resources of the genus *Beta* L. (Geneticheskiye resursy roda *Beta* L.). St. Petersburg; 2007. [in Russian] (Буренин В.И. Генетические ресурсы рода *Beta* L. Санкт-Петербург; 2007).
- Burenin V.I., Piskunova T.M., Sokolova D.V. Problem of table beet roots quality and ways of solving. *Vegetable Crops of Russia*. 2016;(3):24–31. [in Russian] (Буренин В.И., Пискунова Т.М., Соколова Д.В. Проблема качества корнеплодов свеклы столовой и пути ее решения. *Овощи России*. 2016;(3):24–31). DOI: 10.18619/2072-9146-2016-3-24-31
- Burenin V.I., Piskunova T.M., Sokolova D.V. Gene pool for breeding monogerm table beet. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2016;177(4):45–56. [in Russian] (Буренин В.И., Пискунова Т.М., Соколова Д.В. Генофонд для селекции отдельноплодной столовой свеклы. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016;177(4):45–56). DOI: 10.30901/2227-8834-2016-4-45-56
- Burenin V.I., Piskunova T.M. Actual problems of breeding of table beet. *Vegetable Crops of Russia*. 2018;(4):47–50. [in Russian] (Буренин В.И., Пискунова Т.М. Актуальные проблемы селекции столовой свеклы. *Овощи России*. 2018;(4):47–50). DOI: 10.18619/2072-9146-2018-4-47-50
- Burenin V.I., Sokolova D.V. On table beet bolting due to its cold resistance (O tsvetushnosti stolovoy svekly v svyazi s ee kholodostoykostyu). *Sbornik nauchnykh trudov otdeleniya sel'skokhozyaystvennykh nauk PANI = Bulletin of the Agricultural Science Division, Petrovskaya Academy of Sciences and Arts*. 2014;(5):565–566. [in Russian] (Буренин В.И., Соколова Д.В. О цветущности столовой свеклы в связи с ее холодостойкостью. *Сборник научных трудов отделения сельскохозяйственных наук ПАНИ*. 2014;(5):565–566).
- Esyunina A.I. The chemical composition of beets (Khimicheskiy sostav svekly). In: *Flora of cultivated plants*. Vol. 19. Leningrad; 1971. p.150–160. [in Russian] (Есюнина А.И. Химический состав свеклы. В кн.: *Культурная флора СССР*. Т. 19. Ленинград; 1971. С.150–160).
- Fedorova M.I., Burenin V.I. Biology, genetics and breeding of table beet (Biologiya, genetika i selektsiya stolovoy svekly). In: *Encyclopedia of the genus Beta L. (Entsiklopediya roda Beta L.)*. Novosibirsk; 2010. p.588–596. [in Russian] (Федорова М.И., Буренин В.И. Биология, генетика и селекция столовой свеклы. В кн.: *Энциклопедия рода Beta L.* Новосибирск, 2010. С.588–596).
- Guidelines for the study and maintenance of the collection of root crops. (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniiu kolekcii korneplodov). Leningrad: VIR; 1981. [in Russian] (Методические указания по изучению и поддержанию коллекции корнеплодов. Ленинград: ВИР; 1989).

- Krasochkin V.T., Sechkarev B.I., Sazonova L.V., Levandovskaya L.I. Root crop plants (Korneplodnyye rasteniya). In: *Flora of cultivated plants in the USSR*. Vol. 19. Leningrad; 1971. p.7-266. [in Russian] Красочкин В.Т., Сечкарев Б.И., Сазонова Л.В., Левандовская Л.И. Корнеплодные растения. В кн.: *Культурная флора СССР*. Т. 19. Ленинград; 1971. С.7-266.
- Pivovarov V.F. Modern approaches in solving applied problems in vegetable crops breeding (Sovremennyye podkhody v reshenii prikladnykh zadach selektsii ovoshchnykh kultur). *Proceedings of the 2nd Scientific and Practical Conference*. Moscow: VNISSOK; 2010. p.39-51. [in Russian] (Пивоваров В.Ф. Современные подходы в решении прикладных задач селекции овощных культур. Материалы 2-й международной научно-практической конференции. Москва: ВНИИССОК; 2010. С.39-51).
- Savitsky V.F. Genetische studien und Zuchtungen bei monogery men Ruben. *Z. f. Pflanzenzucht*. 1958;40(3):1-36.
- State Register for Breeding Achievements Admitted for Usage (Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispolzovaniyu). Moscow; 2018. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Москва; 2018).
- Vavilov N.I. Breeding as science (Selektsiya kak nauka). Moscow; Leningrad: Selkhozgiz; 1934. [in Russian] (Вавилов Н.И. Селекция как наука. Москва; Ленинград: Сельхозгиз; 1934).
- Vavilov N.I. Theoretical bases of plant breeding (Teoreticheskiye osnovy selektsii rasteniy). Vol. 1. General plant breeding (Obshchaya selektsiya rasteniy). Moscow: Selkhozgiz; 1935. [in Russian] (Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. Т. 1. Общая селекция растений. Москва: Сельхозгиз; 1935).
- Zhukovsky P.M. Cultivated plants and their relatives (Kulturnye rasteniya i ikh sorodichi). Leningrad; 1971. [in Russian] (Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Ленинград; 1971).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Буренин В.И., Соколова Д.В., Пискунова Т.М. Генофонд для селекции свеклы столовой (современные аспекты изучения и использования). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):19-25. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-19-25

Burenin V.I., Sokolova D.V., Piskunova T.M. The gene pool for table beet breeding (modern aspects of study and use). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):19-25. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-19-25

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-19-25>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УРОЖАЯ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЗЕРНА И КРУПЫ У НОВЫХ СОРТОВ РИСА

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-26-31

УДК 633.18:631.524.7:631.526.32

Поступление/Received: 06.03.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

Р. Р. ДЖАМИРЗЕ, Н. В. ОСТАПЕНКО

Всероссийский научно-исследовательский институт риса,
350921 Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3;

✉ dzhamirze01022010@yandex.ru

INTERRELATION BETWEEN STRUCTURAL YIELD
ELEMENTS AND TECHNOLOGICAL INDICATORS OF
WHOLEGRAIN AND MILLED RICE
IN NEW RICE CULTIVARS

R. R. DZHAMIRZE, N. V. OSTAPENKO

All-Russian Rice Research Institute,
3 Belozerny Settlement, Krasnodar 350921, Russia;

✉ dzhamirze01022010@yandex.ru

Актуальность. В получении устойчивых и высоких урожаев риса ведущая роль принадлежит использованию лучших, адаптированных к возделыванию в основных рисоводческих регионах сортов. Большое значение при выведении новых сортов уделяется вопросу сочетания высокой урожайности и технологических показателей качества зерна и крупы. Практическое решение такой важной задачи во многом зависит от успехов селекционной работы. **Материалы и методы.** Дана оценка восьми сортов риса в условиях конкурсного испытания в течение 2016–2018 гг. Экспериментальные делянки закладывали на рисовой оросительной системе Всероссийского научно-исследовательского института риса в пос. Белозерный Краснодарского края. В течение вегетации растения оценивали визуально по густоте стеблестоя, устойчивости к полеганию, пораженности болезнями и вредителями, однородности и равномерности посевов. После полевой браковки с делянок, намеченных к уборке, для биометрического анализа брали модельные снопы по 10–15 растений. Технологические характеристики зерна и крупы определяли по ГОСТ 10843-76 и ГОСТ 10987-76. Полученные результаты математически обработаны и достоверны. **Результаты.** Отобрано четыре перспективных сорта 'ВНИИР 10244', 'ВНИИР 10275', 'ВНИИР 10279' и 'ВНИИР 10282', существенно превысивших стандарт (st) 'Флагман' по комплексу хозяйственно ценных признаков. Они сформировали урожайность 9,0 т/га; имеют массу 1000 зерен 29,3; 28,1; 30,4 и 26,3 г; пленчатость 17,7; 19,7; 19,5 и 21,4%; при содержании целого ядра в крупе 88,5; 93,5; 89,4 и 97,8% соответственно. Достоверно высокая урожайность этих сортов обусловлена оптимальным количеством фертильных колосков (150–160 шт.), плотностью метелки (9,8–12,6 шт./см) и значительной массой зерна с главной метелки (3,7–4,4 г) при средней пустозерности 14,2–20,3%. Тесная положительная корреляция признаков урожайности и содержания целого ядра в крупе отмечена у сортов 'ВНИИР 10282', 'ВНИИР 10279', 'ВНИИР 10276' и 'ВНИИР 10275' ($r = 0,92–0,98$). Выявлена обратная связь урожайности с трещиноватостью у большинства генотипов, что свидетельствует о потенциальной возможности увеличения их урожайности без риска снижения выхода крупы и содержания целого ядра. **Заключение.** По итогам оценки нами выделены четыре перспективных сорта риса – 'ВНИИР 10244' и 'ВНИИР 10279' (крупнозерные), 'ВНИИР 10275' и 'ВНИИР 10282' (среднезерные), существенно превысившие 'Флагман' (st) по комплексу хозяйственно ценных признаков: продуктивности и ее структурных элементов, а также технологическим признакам качества зерна и крупы. Лучшие из отобранных генотипов по оптимальному соотношению изученных признаков будут переданы на ГСИ в 2019–2020 гг.

Ключевые слова: селекция, урожайность, качество зерна и крупы, корреляция признаков.

Background. To obtain sustainable and high rice yields, it is crucial to select the best cultivars adapted to the cultivation in the main rice-growing areas. Combining high yields and technological quality indicators of wholegrain and milled rice is of vital importance. The practical solution of such an important task largely depends on successful breeding work. **Materials and methods.** Eight rice cultivars were evaluated in competitive trials in 2016–2018. Experimental plots were arranged within the rice irrigation system of the All-Russian Rice Research Institute in Belozerny Settlement, Krasnodar Territory. During the growing season, the following traits were visually evaluated: plant density, resistance to lodging, disease and pest infestation, and uniformity of crops. Screening and discarding operations on the plots planned for harvesting were followed by making model sheaves of 10–15 plants each for biometric analysis. Technological characteristics of wholegrain and milled rice were measured according to GOST 10843-76 and GOST 10987-76 standards. The results were mathematically processed and proved reliable. **Results.** Four promising cultivars 'VNIIR 10244', 'VNIIR 10275', 'VNIIR 10279' and 'VNIIR 10282' with a set of economically useful traits significantly exceeding the standard reference (st) 'Flagman' were selected. Their yield was 9.0 t/ha; 1000 grain weight: 29.3; 28.1; 30.4 and 26.3 g; hull percentage: 17.7; 19.7; 19.5 and 21.4%; and wholegrain content: 88.5; 93.5; 89.4 and 97.8%, respectively. Significantly high yields of these cultivars are due to the optimal number of fertile spikelets (150–160 pcs), panicle density (9.8–12.6 pcs/cm), and significant weight of grain from the main panicle (3.7–4.4 g), with an average sterility of 14.2–20.3%. A close positive correlation of yield traits with wholegrain content was observed in cvs. 'VNIIR 10282', 'VNIIR 10279', 'VNIIR 10276' and 'VNIIR 10275' ($r = 0.92–0.98$). An inverse relationship between yield and kernel fissuring was observed in most genotypes, which testifies to the potential possibility of increasing their yield without the risk of reducing milled rice yield or wholegrain content. **Conclusion.** The evaluation resulted in identifying four promising rice cultivars: 'VNIIR 10244' and 'VNIIR 10279' (large-grain), 'VNIIR 10275' and 'VNIIR 10282' (medium-sized grain). They significantly exceeded the standard reference 'Flagman' in a set of economically useful traits: yield and its structural elements as well as technological characters of wholegrain and milled rice quality. The best of the selected genotypes according to the optimal ratio of the studied traits will be submitted to the State Variety Trials in 2019–2020.

Key words: breeding, yield, grain and milled rice quality, correlation of traits.

Введение

В решении задач современного растениеводства, связанных с устойчивым ростом его продуктивности и рентабельности, создание и широкое использование новых сортов занимает центральное место. По имеющимся оценкам, вклад селекции в повышение урожайности сельскохозяйственных культур за последние десятилетия оценивается в 30–70%, а с учетом возможных изменений климата роль селекции будет возрастать (Aleshin E.P., Aleshin N.E., 1993; Zhuchenko, 2004, 2009; Ostapenko et al., 2016).

В зависимости от поставленных перед селекционером задач, отбор ведется по отдельным, нескольким или множеству признаков. Для того чтобы новый сорт соответствовал высоким требованиям, необходимо вести селекцию на комплекс признаков. Главные признаки при отборе: урожайность (продуктивность), высокое качество продукции, устойчивость к болезням и вредителям, а также пригодность к механизированному возделыванию (Gulyaev, Dubinin, 1969; Lyakhovkin, 2005).

В последние годы в отрасли рисоводства Краснодарского края высокими темпами ведется сортосмена. В производство внедряются новые сорта с высокой потенциальной урожайностью и устойчивостью к стрессовым факторам среды для различных технологий возделывания, с высоким качеством зерна и ценными потребительскими свойствами крупы (Dzhamirze et al., 2017).

Для прогрессивного развития рисоводства необходима научно-обоснованная сортовая политика, включающая наращивание ассортимента возделываемых сортов разной технологической энергоёмкости (сорта интенсивного, экстенсивного и промежуточного типов), учитывающая их особенности, а также агроклиматические условия возделывания (Aleshin E.P., Aleshin N.E., 1993; Dzhamirze et al., 2018).

Материалы и методы исследований

Материалом в исследованиях служили восемь сортов риса из конкурсного испытания среднепозднеспелой группы, созданные классическим методом гибридизации и индивидуальным отбором из полученных гибридных комбинаций.

Для посева КСИ использовали сеялку центрального высева Wintersteiger Plotseed. Учетная площадь делянок – 20 м², повторность четырехкратная, размещение – рендомизированные повторения, стандарт (st) – сорт

риса 'Флагман', общий фон минерального питания – N₁₄₀P₆₀K₄₀ д. в.

Научно-исследовательская работа выполнялась в соответствии с ГОСТ 15.101.80 «Порядок проведения научно-исследовательских работ» и методиками, разработанными во ВНИИ риса (Smetanin et al., 1972; Zelenskiy, 1997).

Агроклиматические условия дельты р. Кубань в целом благоприятствуют выращиванию риса и обеспечивают культуру необходимым количеством тепла. Опыты закладывали на рисовой оросительной системе опытно-производственного отдела (РОС ОПО) Всероссийского научно-исследовательского института риса (ВНИИ риса) в течение 2016–2018 гг. Сроки посева – 01.05–07.05, первоначальный залив чека – 05.05–21.05.

В конкурсном сортоиспытании отмечали даты наступления фаз выметывания и полной спелости. В течение вегетации делянки оценивали визуально на поле по густоте стеблестоя, устойчивости к полеганию, пораженности болезнями и вредителями, однородности и равномерности посевов. После полевой браковки с делянок, намеченных к уборке, брали модельные снопы по 10–15 растений для биометрического анализа.

Технологические характеристики зерна и крупы определяли по ГОСТ 10843-76, ГОСТ 10987-76 и «Методическим указаниям по оценке качества зерна риса» (Romanov et al., 1983).

Полученные результаты обработаны методом дисперсионного и статистического анализов (Dospikhov, 1979). Для определения тесноты взаимосвязи признаков использовали корреляционный анализ (r) (Sheudzen, Bondareva, 2015).

Результаты и их обсуждение

Урожайность и качество зерна и крупы являются основными показателями ценности и соответствия новых сортов требованиям, предъявляемым производством. В связи с этим важно понимать, что в селекции на высокую урожайность большое значение имеет знание наиболее значимых признаков, составляющих продуктивность.

Из представленных данных (табл. 1) видно, что изученные сорта достоверно отличаются от стандарта по одному или нескольким изученным признакам (плотность метелки, количество выполненных колосков в метелке, масса зерна с метелки и урожайность), что отражает верную стратегию отбора генотипов во всех звеньях селекционного процесса.

Таблица 1. Урожайность новых сортов риса и признаки, ее составляющие; КСИ 2016–2018 гг.
(Краснодарский край, ВНИИ риса)

Table 1. Biometric features and yields of the new rice cultivars in the competitive trials of 2016–2018
(All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar Territory)

№ п/п	Сорт	Признаки главной метелки					Урожайность, ц/га
		плотность, шт./см	число фертильных колосков, шт.	общее число колосков, шт.	пустозерность, %	масса зерна, г	
1	Флагман (st)	10,2	142	177	19,1	3,8	8,2
2	ВНИИР 10244	12,6	160	191	16,6	4,4	9,0
3	ВНИИР 10275	9,9	160	191	14,7	4,4	8,9
4	ВНИИР 10276	9,9	148	173	14,2	4,3	7,9
5	ВНИИР 10277	16,2	186	228	18,6	4,4	8,3
6	ВНИИР 10278	13,9	203	243	16,3	4,9	8,4
7	ВНИИР 10279	11,5	150	196	20,3	4,1	9,0
8	ВНИИР 10282	9,8	150	179	17,0	3,7	8,9
HCP ₀₅		1,6	22,5	32,9	5,7	0,5	0,7

Так, плотность метелки в среднем за три года составила 9,8–16,2 шт./см. Сорта 'ВНИИР 10244', 'ВНИИР 10277' и 'ВНИИР 10278' потенциально способны сформировать большее число колосков на единицу длины метелки и достоверно превысили стандарт – 12,6; 16,2 и 13,9 шт./см соответственно. Самая плотная метелка у сорта 'ВНИИР 10277' (16,2 шт./см).

Число фертильных колосков на метелке является одним из главных структурных элементов продуктивности. В наших исследованиях данный признак варьировал от 142 до 203 шт. Сорта 'ВНИИР 10277' и 'ВНИИР 10278' достоверно превысили (186 и 203 шт. соответственно) 'Флагман'. По остальным генотипам существенных различий по данному признаку не отмечено.

Общее число колосков на метелке характеризуется потенциальным их количеством, закладываемым на ранних этапах онтогенеза, и генетически детерминировано. Сорта в опыте значительно различались по этому признаку: от 173 шт. ('ВНИИР 10276') до 228 шт. ('ВНИИР 10278'). Сорта 'ВНИИР 10277' и 'ВНИИР 10278' обладали максимальным значением признака (228 и 243 шт. соответственно) и достоверно превысили стандарт.

Пустозерность, обладая широкой модификационной изменчивостью, играет важную роль в продуктивности растений риса и формировании урожая в целом. Как известно, пустозерность зависит от большого количества факторов, сопутствующих признаков и сложной их взаимосвязи. Поэтому отбор перспективных генотипов на этапах контрольного питомника и КСИ целесообразно проводить с меньшей пустозерностью для предотвраще-

ния вероятных рисков потери урожая в будущем. В наших исследованиях значение признака у новых сортов в КСИ составило в среднем 14,2–20,3%. Существенных различий по признаку не выявлено.

Масса зерна главной метелки отражает физический вес зерна и зависит от количества колосков, их выполненности и крупности. Она является одним из главных структурных элементов продуктивности. Максимальное значение (4,9 г) соответствует сорту 'ВНИИР 10278'. Также достоверно превысили стандарт сорта 'ВНИИР 10244', 'ВНИИР 10275' и 'ВНИИР 10277' при массе зерна с метелки 4,4 г у каждого из них.

Урожайность является конечным результатом, обусловленным сочетанием вышеописанных признаков и многих других. Значения признака варьировали от 7,9 до 9,0 т/га в среднем за три года. Сорта 'ВНИИР 10244' и 'ВНИИР 10279' значительно превысили сорт 'Флагман' (st) по урожайности, сформировав по 9,0 т/га, остальные остались на уровне стандарта.

Наряду с высокой урожайностью к новым сортам предъявляются высокие требования по качеству зерна и крупы. Следует признать, что селекция на повышение урожайности почти всегда сопровождается снижением технологических показателей, поскольку эти два параметра трудно сочетать. Именно поэтому *целью наших исследований* (и многих ведущих селекционеров) является целенаправленный отбор таких генотипов, у которых увеличение урожайности сопровождается сохранением качественных показателей продукции или ее повышением (табл. 2).

Таблица 2. Технологические показатели качества зерна и крупы новых сортов риса; КСИ 2016–2018 гг.
(Краснодарский край, ВНИИ риса)

Table 2. Technological characteristics of wholegrain and milled rice yielded by the new cultivars in the competitive trials of 2016–2018 (All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar Territory)

№ п/п	Сорт	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Пленчатость, %	Трещиноватость, %	Общий выход крупы, %	Содержание целого ядра в крупе, %
1	Флагман (st)	27,8	89,7	18,7	32,3	71,6	85,8
2	ВНИИР 10244	29,3	90,0	17,7	18,7	71,4	88,5
3	ВНИИР 10275	28,1	97,7	19,7	9,7	69,1	93,5
4	ВНИИР 10276	30,5	93,7	18,2	19,7	71,1	83,4
5	ВНИИР 10277	24,8	94,3	18,9	18,7	70,8	82,0
6	ВНИИР 10278	25,8	90,0	18,0	9,3	72,7	93,2
7	ВНИИР 10279	30,4	95,0	19,5	19,0	71,2	89,4
8	ВНИИР 10282	26,3	96,7	21,4	4,7	69,5	97,8
НСР ₀₅		1,2	5,7	1,3	9,8	1,0	9,6

Одним из признаков, надежно характеризующим сорт, является масса 1000 зерен (г), обуславливающий принадлежность сорта к определенной группе по размеру (мелкозерный, среднезерный и крупнозерный). Большинство изученных сортов можно отнести к категории среднезерных – с массой 1000 зерен 24,8–28,1 г. Сорта 'ВНИИР 10244', 'ВНИИР 10276' и 'ВНИИР 10279', имеющие массу 1000 зерен 29,3; 30,5 и 30,4 г соответственно, хотя и незначительно, достоверно превысили сорт-стандарт (27,8 г) и могут, с нашей точки зрения, быть причислены к категории крупнозерных.

Стекловидность – показатель качества зерна риса, с увеличением которого повышаются технологические характеристики и кулинарные достоинства риса. Как правило, данный признак характеризуется постоянством и слабо изменчив по годам. В наших исследованиях стекловидность варьировала от 89,7 до 97,7%. Существенные отличия отмечены у сортов 'ВНИИР 10275' и 'ВНИИР 10282' – 97,7 и 96,7% соответственно.

Процентное содержание цветковых и колосковых чешуй (пленчатость) в зерновой массе у представленных сортов составило 17,7–21,4% в среднем за три года. В целом пленчатость изученных в КСИ сортов характеризовалась средней величиной (17–20%), за исключением сорта 'ВНИИР 10282' с максимальным значением признака (21,4%).

Трещиноватость – негативный признак, как правило, отрицательно влияющий на содержание целого ядра в крупе. Трещины, возникшие по причине погодных флуктуаций, перестоя на корню и других условий, проникают на разную глубину и разрушают эндосперм ядра риса. После шелушения и шлифования такие ядра превращаются в дробленый продукт. Трещиноватость в наших исследованиях варьировала от 4,7 до 32,3%.

Отмечено, что сорта 'ВНИИР 10275', 'ВНИИР 10278' и 'ВНИИР 10282' проявили максимальную устойчивость к растрескиванию (9,7; 9,3 и 4,7% соответственно) и могут представлять определенную ценность для селек-

Таблица 3. Взаимосвязь хозяйственно ценных признаков; КСИ 2016–2018 гг. (Краснодарский край, ВНИИ риса)**Table 3. Correlations between economically useful traits in the competitive trials of 2016–2018**

(All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar Territory)

№	Сорт	Признак	Среднее	Стандартное отклонение	1	2	3	4	5
1	Флагман (st)	Число ферт. колосков, шт.	142,2	8,47					
		Масса зерна гл. метелки, г	3,8	0,23	0,828				
		Урожайность, т/га	8,2	1,23	0,214	0,725			
		Масса 1000 зерен, г	27,8	1,55	0,727	0,987	0,827		
		Содержание целого ядра, %	85,8	3,91	0,952	0,960	0,502	0,902	
		Трециноватость, %	32,3	9,02	-0,493	-0,896	-0,955	-0,956	-0,735
2	ВНИИР 10244	Число ферт. колосков, шт.	159,6	12,70					
		Масса зерна гл. метелки, г	4,4	0,26	0,970				
		Урожайность, т/га	9,0	1,57	-0,953	-0,998			
		Масса 1000 зерен, г	29,3	1,47	-0,055	-0,295	0,354		
		Содержание целого ядра, %	88,5	8,55	0,147	-0,097	0,159	0,980	
		Трециноватость, %	18,7	10,07	-0,314	-0,075	0,013	-0,931	-0,985
3	ВНИИР 10275	Число ферт. колосков, шт.	162,1	9,75					
		Масса зерна гл. метелки, г	4,4	0,12	0,763				
		Урожайность, т/га	8,9	1,15	0,315	0,853			
		Масса 1000 зерен, г	28,1	0,67	0,126	0,737	0,981		
		Содержание целого ядра, %	93,5	5,06	0,474	0,931	0,985	0,933	
		Трециноватость, %	9,7	6,81	-0,602	-0,975	-0,947	-0,868	-0,988
4	ВНИИР 10276	Число ферт. колосков, шт.	148,4	13,31					
		Масса зерна гл. метелки, г	4,3	0,25	0,957				
		Урожайность, т/га	7,9	0,74	-0,879	-0,979			
		Масса 1000 зерен, г	30,4	0,66	-0,952	-0,999	0,983		
		Содержание целого ядра, %	83,4	5,11	-0,191	-0,467	0,636	0,482	
		Трециноватость, %	19,7	8,08	0,200	0,475	-0,643	-0,491	-0,999
5	ВНИИР 10277	Число ферт. колосков, шт.	185,8	21,00					
		Масса зерна гл. метелки, г	4,4	0,30	0,981				
		Урожайность, т/га	8,3	1,93	-0,220	-0,026			
		Масса 1000 зерен, г	24,8	0,72	-0,262	-0,069	0,999		
		Содержание целого ядра, %	82,0	15,95	0,924	0,981	0,168	0,125	
		Трециноватость, %	18,7	15,28	-0,926	-0,982	-0,164	-0,121	-0,999
6	ВНИИР 10278	Число ферт. колосков, шт.	203,4	12,78					
		Масса зерна гл. метелки, г	4,9	0,46	0,926				
		Урожайность, т/га	8,4	1,92	0,814	0,534			
		Масса 1000 зерен, г	25,8	0,55	0,808	0,971	0,315		
		Содержание целого ядра, %	93,2	4,95	-0,753	-0,946	-0,230	-0,996	
		Трециноватость, %	9,3	4,16	0,956	0,996	0,608	0,945	-0,912
7	ВНИИР 10279	Число ферт. колосков, шт.	149,1	5,21					
		Масса зерна гл. метелки, г	4,1	0,10	0,547				
		Урожайность, т/га	9,0	1,75	0,407	-0,542			
		Масса 1000 зерен, г	30,4	0,36	0,652	-0,277	0,958		
		Содержание целого ядра, %	89,4	8,74	0,013	-0,830	0,919	0,766	
		Трециноватость, %	19,0	10,15	-0,292	0,640	-0,993	-0,915	-0,960
8	ВНИИР 10282	Число ферт. колосков, шт.	150,3	17,90					
		Масса зерна гл. метелки, г	3,7	0,46	0,999				
		Урожайность, т/га	8,9	1,54	-0,894	-0,914			
		Масса 1000 зерен, г	26,3	0,15	0,096	0,143	-0,532		
		Содержание целого ядра, %	97,8	1,45	-0,967	-0,978	0,979	-0,346	
		Трециноватость, %	4,7	2,52	0,768	0,737	-0,400	-0,564	-0,580

ционеров. Все исследуемые сорта достоверно превысили по устойчивости крастрескиванию зерна сорт-стандарт 'Флагман', высокая трещиноватость которого (32,3%) может быть обусловлена более низкой эластичностью, упругостью и механической прочностью зерновки в целом.

Общий выход крупы и содержание целого ядра являются комплексными показателями технологических качеств риса. Общий выход крупы в среднем за три года составил 69,1–72,7%. Существенное превышение стандарта по данному признаку отмечено у 'ВНИИР 10278' – 72,7%. Выход крупы у остальных сортов за три года варьировал на уровне стандарта.

Содержание целого ядра в крупе является одним из главных технологических показателей качества крупы, характеризующим экономическую эффективность сортов риса при переработке. Значение признака по сортам в опыте составило 82,0–93,5% в среднем, что на уровне стандарта ($HCP_{05} = 9,64$), за исключением 'ВНИИР 10282', который достоверно превысил стандарт (97,8%).

Генетическое разнообразие исследуемого материала обеспечивается многообразием и теснотой взаимосвязи признаков, характеризующих сорт. Для определения взаимодействия генетических систем изучаемых сортов риса в КСИ, выраженных количественными признаками, нами был проведен корреляционный анализ (табл. 3).

Сильная положительная корреляция урожайности с содержанием целого ядра в крупе по итогам трех лет изучения, достоверная на 95% уровне значимости, отмечена у сортов 'ВНИИР 10282', 'ВНИИР 10279', 'ВНИИР 10276' и 'ВНИИР 10275' ($r = 0,92-0,98$). На уровне сорта-стандарт 'Флагман' ($r = 0,50$) средняя взаимосвязь этих двух важных признаков у 'ВНИИР 10276' ($r = 0,64$).

Вызывает интерес связь трещиноватости и содержания целого ядра в крупе. Почти у всех сортов в опыте она тесная отрицательная ($r = -0,99$). У сорта 'Флагман' (st) корреляция средняя, близкая к сильной ($r = -0,74$), а у сорта 'ВНИИР 10282' – средняя ($r = -0,58$). Можно предположить, что количество и характер трещин у нового сорта и их расположение в зерновке не приводят к значительному снижению содержания целого ядра в крупе. Кроме того, у него самая низкая трещиноватость в опыте – 4,7%.

Отмечена сильная корреляция урожайности и массы 1000 зерновок у сортов 'ВНИИР 10276' и 'ВНИИР 10279' ($r = 0,96-0,98$). Оба сорта имеют массу 1000 зерновок более 30 г, один из них – 'ВНИИР 10279' – превзошел по урожайности стандарт, у которого корреляция также была сильной ($r = 0,82$). Результаты исследования позволяют предположить, что при создании сортов риса с новым уровнем урожайности, качества зерна и крупы необходимо принимать во внимание прежде всего роль основополагающих признаков, а также характер и тесноту их взаимосвязи.

Заключение

По итогам оценки нами выделены четыре перспективных сорта риса – 'ВНИИР 10244', и 'ВНИИР 10279' (крупнозерновые), 'ВНИИР 10275' и 'ВНИИР 10282' (среднезерновые), которые существенно превысили сорт-стандарт 'Флагман' по комплексу хозяйственно ценных признаков, а именно: продуктивности и ее структурных элементов, технологическим признакам качества зерна и крупы. Они сформировали высокую урожайность (9,0 т/га), имеют крупную зерновку (масса 1000 зерен – 29,3; 28,1; 30,4 и 26,3 г соответственно) с пленчатостью 17,7; 19,7; 19,5 и 21,4% при содержании целого ядра в крупе 88,5; 93,5; 89,4 и 97,8%. На основании полученных характеристик и с учетом взаимосвязи признаков лучшие сорта подготавливаются к передаче на ГСИ в 2019–2020 гг.

References/Литература

- Aleshin E.P., Aleshin N.E. Rice (Ris). Moscow; 1993. [in Russian] (Алешин Е.П., Алешин Н.Е. Рис. Москва; 1993).
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Kolos; 1979. [in Russian] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос; 1979).
- Dzhamirze R.R., Ostapenko N.V., Chinchenko N.N. Interrelation of some traits and their variability in new rice varieties during competitive trial. In: *8th International Conference "Social Science and Humanity" 23-29 March 2018*. London: SCIEURO; 2018. p.29-40.
- Dzhamirze R.R., Ostapenko N.V., Chinchenko N.N., Filimonova M.E. Breeding of large-grain rice varieties (Selektsiya krupnozernnykh sortov risa). In: *Materials of the XII International Symposium "New and Unconventional Plants and Prospects for Their Use"*. Moscow: RUDN; 2017. p.180-182. [in Russian] (Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В., Чинченко Н.Н., Филимонова М.Е. Селекция крупнозерновых сортов риса / Материалы XII международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». Москва: РУДН; 2017. С.180-182).
- Gulyaev G.V., Dubinin A.P. Breeding and seed production of field crops with fundamentals of genetics (Selektsiya i semenovodstvo polevykh kultur s osnovami genetiki). Moscow: Kolos; 1969. [in Russian] (Гуляев Г.В., Дубинин А.П. Селекция и семеноводство полевых культур с основами генетики. Москва: Колос; 1969).
- Lyakhovkin A.G. Rice. Global production and gene pool. (Ris. Mirivoye proizvodstvo i genofond). St. Petersburg: PROFI-INFORM; 2005. [in Russian] (Ляховкин А.Г. Рис. Мировое производство и генофонд. Санкт-Петербург: ПРОФИ-INFORM, 2005).
- Ostapenko N.V., Dzhamirze R.R., Chinchenko N.N. Correlation of traits determining yield of rice varieties with abiotic environmental factors (Vzaimosvyaz priznakov, opredelyayushchikh urozhaynost sortov risa, s abioticheskimi faktorami sredy). *Trudy KubGAU = Proceedings of KubSAU*. 2016;(60):204-210. [in Russian] (Остапенко Н.В., Джамирзе Р.Р., Чинченко Н.Н. Взаимосвязь признаков, определяющих урожайность сортов риса, с абиотическими факторами среды. *Труды КубГАУ*. 2016;(60):204-210).
- Romanov V.B., Belous L.G., Semenova L.M. Guidelines for evaluation of rice grain quality (Metodicheskiye ukazaniya po otsenke kachestva zerna risa). Krasnodar; 1983. [in Russian] (Романов В.Б., Белоус Л.Г., Семенова Л.М. Методические указания по оценке качества зерна риса. Краснодар; 1983).
- Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N. Methods of agrochemical research and statistical evaluation of the results (Metodika agrokhimicheskikh issledovaniy i statisticheskaya otsenka ikh rezultatov). Maikop: LLC Polygraph-YUG; 2015. [in Russian] (Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов. Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ»; 2015).
- Smetanin A.P., Dzyuba V.A., Aprod A.I. Methods of experimental work on breeding, seed production and quality control of rice seeds (Metodiki opytnykh rabot po selektsii, semenovodstvu i kontrolyu za kachestvom semyan risa). Krasnodar; 1972. [in Russian] (Сметанин А.П., Дзюба В.А., Апрод А.И. Методики опытных работ по селекции, семеноводству и контролю за качеством семян риса. Краснодар; 1972).
- Zelenskiy G.L. Rice. New rice varieties and energy-saving techniques of their cultivation in Krasnodar Territory (Ris. Novye sorta i energosberegayushchiye tekhnologii ego vozdeliyaniya v Krasnodarskom krae). Krasnodar; 1997. [in Russian] (Зеленский Г.Л. Рис. Новые сорта риса и энергосберегающие технологии его возделывания в Краснодарском крае. Краснодар; 1997).

Zhuchenko A.A. Adaptive crop production (ecological and genetic principles). Theory and practice. Vol. III (Adaptivnoye rasteniyevodstvo [ekologo-geneticheskiye osnovy]. Tom III). Moscow: Agrorus; 2009. [in Russian] (Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. Том III. Москва: Агрорус; 2009).

Zhuchenko A.A. Source potential of grain production in Russia (theory and practice) (Resursny potentsial proizvodstva zerna v Rossii [teoriya i praktika]). Moscow: Agrorus; 2004. [in Russian] (Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). Москва: Агрорус; 2004).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В. Взаимосвязь структурных элементов урожая с технологическими показателями зерна и крупы у новых сортов риса. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):26-31. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-26-31

Dzhamirze R.R., Ostapenko N.V. Interrelation between structural yield elements and technological indicators of wholegrain and milled rice in new rice cultivars. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):26-31. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-26-31

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-26-31>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ И ХОЗЯЙСТВЕННО ВАЖНЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-32-35

УДК 635.21:631.811

Поступление/Received: 04.02.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

CHARACTERIZATION OF POTATO ACCESSIONS
ACCORDING TO THEIR BIOLOGICAL AND
ECONOMICALLY USEFUL TRAITS IN THE
ENVIRONMENTS OF MURMANSK PROVINCE

Т. Э. ЖИГАДЛО, С. Н. ТРАВИНА

T. E. ZHIGADLO, S. N. TRAVINA

Полярная опытная станция – филиал ВИР,
Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
184200 Россия, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Козлова, 2;
✉ Hibinytanya@rambler.ru

Polar Experiment Station, branch of the N.I. Vavilov All-
Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
2 Kozlova St., Apatity, Murmansk Province 184209, Russia;
✉ Hibinytanya@rambler.ru

Актуальность. Изучение новых сортов картофеля в экстремальных условиях Севера, а также выявление и создание исходного материала являются актуальными задачами для селекции картофеля. **Методы и материал.** Исследования проведены на Полярной опытной станции – филиале ВИР в 2016–2018 гг. Изучено 40 образцов картофеля из девяти стран мира, полученных из коллекции ВИР. Работа была выполнена в соответствии с методическими указаниями, принятыми в ВИР. Полученные данные сравнивали с сортом-стандартом (st) 'Хибинский ранний' (к-6928). **Результаты.** По результатам многолетних исследований по раннему накоплению урожая выделен сорт 'Муромец' (к-25268) (128% к st). По раннеспелости в сочетании с продуктивностью выделены сорта 'Местный из Украины' (к-25286; 115% к st), 'Madeleine' (к-25322; 140% к st). Сорт 'Экспресс' (к-25262) выделен как раннеспелый (113% к st), продуктивный (128% к st) с высокой товарностью (92%). По продуктивности (106–134% к st) за годы изучения выделились четыре образца: 'Актюбинский-2' (к-25300), 'Ушконыр' (к-25309), 'Беркут' (к-25250), 'Gala' (к-25270). Сорт 'Colleen' (к-25224) выделен как продуктивный (131% к st) с высокой товарностью клубней (93%). Средняя масса товарного клубня у сорта 'Colleen' составила 113,0 г. Сорт 'Памяти Канаева' (к-25305) имел самую высокую продуктивность – 1154,0 г с куста (155% к st). Самым высоким содержанием крахмала характеризовались образцы: 'Айтмурат' (к-25248) и 'Местный № 2' из Индии (к-25279) – 14,4%. 12 сортов из 40 являются наиболее адаптивными к местным условиям выращивания: 'Экспресс', 'Муромец', 'Памяти Канаева', 'Волынская местная' (к-25274), 'Довгенька' (к-25275), 'Сорокоденка' (к-25293) и два сорта из Украины (к-25286 и к-25282), 'Gala', 'Регги' (к-25313), 'Измир', форма 2 (к-25272), 'Daphne' (к-25296). **Заключение.** Проведенное исследование позволило проанализировать адаптивные свойства сортов картофеля и дать характеристику изученному материалу по основным биологическим и хозяйственно важным признакам.

Ключевые слова: сорт, продуктивность, адаптивность, экстремальные условия Севера.

Background. Studying new potato cultivars in extreme environments of the North as well as identification and development of source materials for breeding are vital challenges faced by for potato breeders. The article presents the results of a study that involved potato cultivars from the VIR global collection grown under the extreme climate conditions of Murmansk Province. **Materials and methods.** The study was conducted at the Polar Experiment Station of VIR in 2016–2018, when 40 potato accessions, which had originated from 9 different countries and had been supplied by VIR, were analyzed. The research was based on the guidelines developed at VIR. The obtained data were compared with the standard reference (st) cv. 'Khibinsky ranny' (k-6928). **Results.** In the process of long-term research, cv. 'Muromets' (k-25268) was identified for early yield formation (128% vs st). Cvs. 'Mestny' (k-25286) from Ukraine and 'Madeleine' (k-25322) were outstanding for their earliness combined with productivity (115–140%). Cv. 'Express' (k-25262) was selected for its earliness (113%), productivity (128%), and high marketability (92%). Cvs. Aktyubinsky-2' (k-25300), 'Ushkonnyr' (k-25309), 'Berkut' (k-25250), 'Gala' (k-25270) and 'Colleen' (k-25224) demonstrated high productivity (106–131%). Cv. 'Pamyati Kanaeva' (k-25305) had the highest yield of 1154.0 g/bush (155%). The highest starch content of 14.4% was shown respectively by cvs. 'Aytmurat' (k-25448) and 'Mestny No. 2' from India. Twelve cultivars out of 40 appeared to be the most adaptable to the local growing conditions: 'Muromets', 'Express', 'Pamyati Kanaeva', 'Volynskaya mestnaya' (k-25274), 'Dovgenka' (k-25275), 'Sorokadenka' (k-25293), 'Gala' (k-25270), 'Reggi' (k-25313), 'Izmir', form 2 (k-25272, Turkey), 'Daphne' (k-25296), and two local cultivars from Ukraine (k-25286 and k-25282). **Conclusions.** This study proved useful as it helped to analyze adaptive properties of potato cultivars and describe the studied material in the context of their basic biological and economic traits.

Key words: potato, cultivars, productivity, adaptability.

Введение

Полярная опытная станция – филиал ВИР является ведущим учреждением в Мурманской области по исследованию сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях Севера. Изучение картофеля началось практически сразу с момента основания станции в 1923 году, и по настоящее время работа успешно продолжается. На станции хранится и поддерживается дублетная мировая кол-

лекция картофеля в количестве более 3000 образцов из разных стран мира. Ежегодно коллекция изучения пополняется новыми сортами и гибридами. Сорта изучаются по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам. Лучшие из них рекомендуются для использования в селекционных программах для создания новых сортов для Мурманской области. *Цель настоящего исследования* – дать характеристику новых сортов картофеля, изученных в 2016–2018 гг. в условиях Мурманской области.

Материалы и методы

В 2018 году закончилось изучение коллекции из 40 образцов картофеля, поступившей из отдела клубнеплодов ВИР на станцию в 2015 году. Состав коллекции был представлен образцами из девяти стран мира. Большая часть коллекции – это образцы из Казахстана (15), Украины (9) и России (6), по 3 образца из Ирландии и Нидерландов, по 1 – из Франции, Германии, Индии, Турции.

При изучении образцов картофеля в течение трех лет с 2016 по 2018 г. использовали методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля, разработанные в ВИР (Kiru et al., 2010). Скороспелость у изучаемых сортов определяли путем проведения пробной копии каждого сорта на шестидесятый день от посадки. Продуктивность сортов учитывали после окончательной уборки. Взвешивали товарные и мелкие клубни, подсчитывали число товарных клубней, а также средний вес товарного клубня у каждого сорта. Полученные данные сравнивали с сортом-стандартом 'Хибинский ранний' (к-6928). Содержание крахмала в клубнях определяли по удельному весу путем их взвешивания в воде (Kiru et al., 2010).

При анализе адаптивных свойств сортов применили методику Л. А. Животкова, З. А. Морозовой, Л. И. Секатуева (Zhivotkov et al., 1994). Для сравнения общей видовой адаптивной реакции применили показатель «среднесортная урожайность года». Среднесортная урожайность года, принятая за 100%, является нормой реакции сортов данной группы на факторы внешней среды. Превышение этого показателя говорит о том, что исследуемый сорт потенциально высокопродуктивный (Togikov, Bogomaz, 2008). Коэффициент адаптивности (КА) рассчитывали для каждого года и сорта по методике А. А. Моляво, А. В. Марухленко, Н. П. Борисовой (Molyavko et al., 2012).

Результаты и обсуждение

Метеорологические условия. В годы исследований метеорологические условия были различными. В 2016 году сумма активных температур за период июнь – август составила 1146,8°C, сумма выпавших осадков – 295,4 мм. Средняя температура воздуха за период вегетации была 13,8°C. Вегетационный период характеризовался как теплый и влажный (ГТК = 1,8). В 2017 году сумма активных температур за период июнь – август составила 861,3°C, сумма выпавших осадков – 279,0 мм. Средняя температура воздуха за период вегетации составила 11,5°C. Вегетационный период характеризовался как прохладный и дождливый (ГТК = 2,0). В 2018 году сумма активных температур за период июнь – август составила 1171,8°C, сумма выпавших осадков – 134,8 мм, средняя температура воздуха за период вегетации – 14,2°C. Вегетационный период характеризовался как теплый и слабо засушливый (ГТК = 1,2).

Фенология. Продолжительность межфазных периодов вегетации в условиях Севера является одним из важных показателей у растений картофеля, от которого зависит накопление урожая. В среднем по коллекции всходы наблюдали на 13-й день от посадки, появление массовых всходов – на 20-й, фазу бутонизации – на 39-й, цветение и массовое цветение было зарегистрировано на 49-й и 51-й день от посадки соответственно. У сорта-стандарта 'Хибинский ранний' (к-6928) в годы исследования всходы отметили на 13-й, массовые всходы – на 21-й, бутонизацию – на 32-й и цветение на 42-й день от посадки. Самыми сжатыми сроками прохождения всех фенологических фаз характеризовались сорта 'Аринда' (к-25106) и 'Регги' (к-25313). У этих сортов всходы появились на 10-й, бутоны на 26-й и цветение на 37-й день от посадки.

Цветение – важный биологический показатель сорта. В северных условиях в годы исследований стабильно

цвели 32 образца из 40. Растения сортов 'Синеглазка-2' (к-25291) и 'Удовитский' (к-25260) имели обильное цветение, особенно в годы с теплым вегетационным периодом (рисунок).



Рисунок. Цветение сорта картофеля 'Удовитский'

Figure. Blooming of cv. 'Udovitsky'

В течение трех лет не было цветения у сорта 'Margarita' (к-25245). Образование ягод у изучаемых образцов в течение трех лет наблюдали у четырех сортов: 'Сеянец Степана' (к-25255), 'Степан' (к-25257), 'Муромец' (к-25268) и у 'Местного сорта из Украины' (к-25280). Ягодообразование картофеля, как и цветение, в Мурманской области сильно зависит от метеорологических параметров вегетационного периода. В ветреную и дождливую погоду бутоны сильно осыпаются, из-за этого не происходит ягодообразования. Такое явление мы наблюдали в 2017 году, вегетационный период которого был прохладным и дождливым.

Хозяйственно ценные признаки. По результатам многолетних исследований по раннему накоплению урожая выделен сорт 'Муромец' (128% к ст). По раннеспелости в сочетании с продуктивностью выделены 'Местный из Украины' (115% к ст), 'Madeleine' (к-25322; 140% к ст). Сорт 'Экспресс' (к-25262) выделен как раннеспелый (113% к ст), продуктивный (128% к ст) с высокой товарностью (92%). Средняя масса товарного клубня у этого сорта составила 146,0 г. Урожайность сорта 'Хибинский ранний' (ст) в пробной копке в среднем за три года составила 529,8 г с куста (табл. 1).

По продуктивности (106–134% к ст) за годы изучения выделились четыре образца: 'Актюбинский-2' (к-25300), 'Ушконыр' (к-25309), 'Беркут' (к-25250), 'Gala' (к-25270). Сорт 'Colleen' (к-25224) выделен как продуктивный (131% к ст) с высокой товарностью клубней (93%). Средняя масса товарного клубня у сорта 'Colleen' составила 113,0 г. Сорт 'Памяти Канаева' (к-25305) имел самую высокую продуктивность – 1154,0 г с куста (155% к ст). Средняя продуктивность сорта-стандарта в окончательной уборке составила 743,7 г с куста (см. табл. 1).

Самым высоким содержанием крахмала характеризовались образцы: 'Айтмурат' (к-25248) и 'Местный № 2' из Индии (к-25279) – 14,4%. В клубнях 'Хибинского раннего' (ст) содержание крахмала за годы изучения составило 13,4%.

Адаптивная способность. Картофель относится к культурам с высокой пластичностью, способным произрастать в самых разных условиях. Уровень адаптивности может существенно отличаться в зависимости от сорта и от условий произрастания. Для получения полной информации о продуктивности и адаптивных свойствах

Таблица 1. Выделенные сорта картофеля из коллекции по результатам изучения
(Апатиты, Мурманская область, 2016–2018 гг.)

Table 1. Potato cultivars from the collection selected according to the results of the study
(Apatity, Murmansk Province, 2016–2018)

№ по каталогу ВИР	Название сорта	Ранний урожай			Урожай при окончательной уборке					
		% к стандарту	г/куст общ.	кг/м ²	% к стандарту	г/куст общ.	кг/м ²	товарность, %	ср. вес тов. клубня, г	% крахмала
6928	Хибинский ранний стандарт (st)		529,8	2,4		743,7	3,4	88	122,0	13,4
25262	Экспресс	113	598,0	2,7	128	954,0	4,3	92	146,0	13,4
25286	Местный из Украины	115	610,0	2,7	143	1065,0	4,8	87	92,0	10,3
25268	Муромец	128	680,0	3,1	97	725,0	3,3	78	74,0	12,2
25322	Madeleine	140	742,0	3,3	142	1060,0	4,8	85	101,0	10,8
25305	Памяти Канаева	99	532,0	2,4	155	1154,0	5,2	87	85,0	10,7
25270	Gala	93	492,0	2,2	134	997,0	4,5	78	76,0	12,2
25224	Colleen	85	458,0	2,2	131	975,0	4,4	93	113,0	12,2
25250	Беркут	72	372,0	1,7	110	816,0	3,7	85	98,0	13,9
25309	Ушконоыр	74	398,0	1,8	108	800,0	3,6	87	107,0	10,9
25300	Актюбинский-2	67	365,0	1,6	106	792,0	3,6	90	117,0	12,9

сорт картофеля в Мурманской области мы сравнили урожай каждого сорта не только с урожайностью сорта-стандарта, но и со средней урожайностью всех сортов. По данной группе сортов мы получили следующие результаты: 12 сортов из 40 являются наиболее адаптивными к местным условиям выращивания (табл. 2).

Это сорта: из Казахстана – ‘Экспресс’, ‘Муромец’, ‘Памяти Канаева’; из Украины – ‘Волынская местная’ (к-25274), ‘Довгенька’ (к-25275), ‘Сорокоденка’ (к-25293), и два Местных (к-25286 и к-25282); ‘Gala’ из Германии; ‘Регги’ из Татарстана; ‘Измир’, форма 2 (к-25272) из Турции; ‘Daphne’ (к-25296) из Нидерландов.

Таблица 2. Урожайность и показатели адаптивности сортов картофеля
(Апатиты, Мурманская область, 2016–2018 гг.)

Table 2. Yield and variability indicators of potato cultivars (Apatity, Murmansk Province, 2016–2018)

№ по каталогу ВИР	Название сорта	Урожайность, т/га			Доля урожайности относительно среднего сортового значения, %			Коэффициент адаптивности		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
6928	Хибинский ранний стандарт (st)	26,10	20,30	25,20	153,34	136,15	143,58	1,50	1,36	1,40
25262	Экспресс	29,48	26,33	24,98	173,21	176,59	142,26	1,73	1,77	1,42
25268	Муромец	35,10	23,40	33,30	206,23	156,23	189,64	2,06	1,57	1,90
25270	Gala	28,58	20,03	17,78	167,92	134,34	101,25	1,68	1,34	1,01
25272	Измир, форма 2	26,33	18,0	20,70	154,70	120,72	117,88	1,55	1,21	1,18
25274	Волынская местная	18,90	20,93	25,43	111,05	140,38	144,82	1,11	1,40	1,45
25275	Довгенька	17,55	20,70	24,98	103,11	138,83	142,26	1,03	1,39	1,42
25282	Местный Украина	19,35	16,88	22,73	113,69	113,21	129,44	1,14	1,13	1,29
25286	Местный Украина	34,20	22,73	25,43	200,94	152,45	144,82	2,01	1,52	1,45
25293	Сорокоденка	24,08	17,78	19,13	141,48	119,25	108,94	1,41	1,19	1,09
25296	Daphne	19,58	17,33	28,35	115,04	116,23	161,45	1,15	1,16	1,61
25305	Памяти Канаева	35,10	16,43	20,25	206,23	110,19	115,32	2,06	1,10	1,15
25313	Регги	19,58	15,78	30,60	115,04	105,84	174,26	1,15	1,06	1,74
25300	Актюбинский-2	14,63	15,08	21,83	85,96	101,14	124,32	0,86	1,01	1,24
25309	Ушконоыр	18,68	12,83	22,28	109,75	86,05	126,88	1,10	0,86	1,27
25322	Madeleine	45,90	37,58	16,65	269,68	252,05	94,82	2,70	2,52	0,95
среднесортная урожайность		17,02	14,91	17,56	100	100	100			

Коэффициент адаптивности (КА) этих сортов выше 1, при этом урожайность выше среднесортной в каждый год изучения (см. табл. 2). У сорта-стандарта 'Хибинский ранний' КА также превышал единицу в годы изучения, что говорит о высокой адаптивной способности сорта в северных условиях. В 2016 году у сортов 'Муромец', 'Местный из Украины', 'Памяти Канаева', 'Madeleine' коэффициент адаптивности был от 2,01 до 2,70 и урожайность сортов в 2,0–2,5 раза превышала среднесортную урожайность. Вегетационный период 2016 года был самым благоприятным для роста растений и интенсивного накопления клубней. Было достаточно тепло и влажно (средняя температура июля +17,4°C), что позволило сортам реализовать свой продуктивный потенциал. У сортов 'Актюбинский-2', 'Ушконоур', 'Madeleine' в отдельные годы КА был меньше 1 (см. табл. 2), что показывает реакцию сорта на метеорологические условия, которые являются лимитирующим фактором продуктивности.

Заключение

В результате комплексного исследования биологических и хозяйственно ценных признаков сортов картофеля в условиях Мурманской области в 2016–2018 гг. выделены:

- по быстрому прохождению фаз – 'Аринда' (к-25106) и 'Регги' (к-25313);
- по обильному цветению – 'Синеглазка-2' (к-25291) и 'Удовичкий' (к-25260);
- по ягодообразованию – 'Сеянец Степана' (к-25255), 'Степан' (к-25257), 'Муромец' (к-25268), 'Местный из Украины' (к-25280);
- по урожайности – 'Муромец', 'Местный из Украины', 'Madeleine' (к-25322), 'Экспресс' (к-25262), 'Актюбинский' (к-25300), 'Ушконоур' (к-25309), 'Беркут' (к-25250), 'Gala' 25270, 'Colleen' (к-25224), 'Памяти Канаева' (к-25305);
- по адаптивности – 'Муромец', сорта из Украины (к-25286 и к-25282), 'Madeleine', 'Экспресс', 'Памяти Канаева', 'Волынская местная' (к-25274), 'Довгенька' (к-25275), 'Сорокоденка' (к-25293), 'Регги', 'Gala'.

Выделенные источники ценных признаков из коллекции изучения на Полярной опытной станции ВИР могут быть применены в селекционных программах для создания новых сортов картофеля, пригодных для возделывания в условиях Севера.

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Жигадло Т.Э., Травина С.Н. Характеристика образцов картофеля по биологическим и хозяйственно важным признакам в условиях Мурманской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):32-35. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-32-35

Zhigadlo T.E., Travina S.N. Characterization of potato accessions according to their biological and economically useful traits in the environments of Murmansk Province. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):32-35. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-32-35

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

References/Литература

- Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteeva N.M., Rogozina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Guidelines for the maintenance and study of the global potato collection (Metodicheskiye ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoy kollektsii kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотеева Н.М., Рогозина Е.В., Королева Л.В., Фомина В.Е., Палеха С.В., Косарева О.С., Кирилов Д.А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2010).
- Molyavko A.A., Marukhlenko A.V., Borisova N.P. The coefficient of adaptability of potato cultivar determines its productivity (Koeffitsient adaptivnosti sorta kartofelya opredelyaet ego produktivnost). *Kartofel i ovoshi = Potato and Vegetables*. 2012;(3):10-11. [in Russian] (Молявко А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П. Коэффициент адаптивности сорта картофеля определяет его продуктивность. *Картофель и овощи*. 2012;(3):10-11).
- Torikov V.E., Bogomaz O.A. Adaptive and productive potential by kinds of potato from new generation (Adaptivny potentsial sortov kartofelya novogo pokoleniya). *Vestnik Bryanskoy GSKhA = Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2008;(4):53-59. [in Russian] (Ториков В.Е., Богомаз О.А. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения. *Вестник Брянской ГСХА*. 2008;(4):53-59).
- Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekutaeva L.I. Methods of identifying potential productivity and adaptability of varieties of breeding forms of winter wheat in terms of "yield" (Metodika vyyavleniya potentsialnoy produktivnosti i adaptivnosti sortov selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhaynost"). *Selektsiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production*. 1994;(2):3-6 [in Russian] (Животков Л.А., Морозова З.А., Секутаева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность». *Селекция и семеноводство*. 1994;(2):3-6).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-32-35>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ЦЕЛЕВАЯ СУБКОЛЛЕКЦИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРОЗУ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-36-40

УДК 635.21:631.811

Поступление/Received: 20.05.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

Л. И. КОСТИНА, О. С. КОСАРЕВА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ o.kosareva@vir.nw.ru

TARGETED SUB-COLLECTION OF POTATO CULTIVARS
SPECIFIC TO LATE BLIGHT RESISTANCE

L. I. KOSTINA, O. S. KOSAREVA

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

Актуальность. В статье приведена информация о результатах скрининга сортов картофеля на устойчивость к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, сочетающих устойчивость с другими хозяйственно ценными признаками: продуктивностью, повышенным содержанием крахмала, устойчивостью к вирусным болезням и картофельной нематодой (*Globodera rostochiensis* Woll.). **Материалы и методы.** Материалом для изучения послужила мировая коллекция ВИР отечественных и зарубежных сортов картофеля. Изучение выполнено по методикам, разработанным в отделе генетических ресурсов картофеля ВИР. **Результаты и выводы.** Выделены устойчивые к *P. infestans* селекционные сорта картофеля: из Польши – ‘Ania’ (k-24063), ‘Baszta’ (k-24067), ‘Bobr’ (k-21103), ‘Dunajec’ (k-24074), ‘Klepa’ (k-24080), ‘Koga’ (k-24174), ‘Meduza’ (k-24082), ‘Mors’ (k-24083); из Германии: ‘Caprice’ (k-25193), ‘Certo’ (k-19440), ‘Valetta’ (k-21769); из России – ‘Аврора’ (k-12188), ‘Бастион’ (k-25198), ‘Брянский надежный’ (k-12160), ‘Вдохновение’ (k-12192), ‘Вектор’ (k-25200), ‘Великан’ (k-25201), ‘Звездочка’ (k-25209), ‘Калинка’ (k-25148), ‘Лукьяновский’ (k-11750), ‘Мусинский’ (k-25312), ‘Накра’ (k-11916), ‘Никулинский’ (k-12171), ‘Призер’ (k-25217), ‘Рспсодия’ (k-25258), ‘Россиянка’ (k-12057), ‘Ручеек’ (k-12213), ‘Удача’ (k-11900); из Беларуси – ‘Акцент’ (k-12237), ‘Ветразь’ (k-11989), ‘Выток’ (k-11897), ‘Журавинка’ (k-12106), ‘Купалинка’ (k-12155), ‘Синтез’ (k-11666), ‘Сюзорье’ (k-11992); из Украины – ‘Вихола’ (k-11270), ‘Зарево’ (k-10773), ‘Свитанок киевский’ (k-11665), ‘Ольвия’ (k-25094), ‘Ракурс’ (k-25098); из Казахстана – ‘Айтмурат’ (k-25248), ‘Беркут’ (k-25250), ‘Жолбарыс’ (k-25155), ‘Нур-Алем’ (k-25253), ‘Сеним’ (k-25306), ‘Сеянец Лаптева’ (k-25161), ‘Сункар’ (k-25258), ‘Тамыз’ (k-25307), ‘Удовитский’ (k-25260) и др. Высокий процент сеянцев, устойчивых к фитофторозу в потомстве от самоопыления, был у сортов: ‘Аврора’ (k-12188), ‘Астра’ (k-10697), ‘Вихола’ (k-11270), ‘Журавинка’ (k-12106), ‘Найда’ (k-12157), ‘Росинка’ (k-11993), ‘Скарб’ (k-11904), ‘Bobr’ (k-21103), ‘Clarissa’ (k-21770). Выделены сорта, сочетающие устойчивость к фитофторозу с устойчивостью к картофельной нематодой (*G. rostochiensis*) и вирусным болезням, высокой продуктивностью, повышенным содержанием крахмала: ‘Журавинка’, ‘Ania’, ‘Baszta’, ‘Bobr’, ‘Certo’, ‘Mors’.

Ключевые слова: селекция, урожай, крахмал, *Phytophthora infestans*, *Globodera rostochiensis*.

Background. The article presents the data obtained after the screening of potato cultivars for resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. The selected genotypes combine late blight resistance with other valuable commercial traits, such as high yield, high starch content, resistance to virus diseases and potato nematode (*Globodera rostochiensis* Woll.). **Materials and methods.** Potato accessions representing domestic and foreign cultivars from the VIR collection served as the material for this research. The screening was performed according to the techniques developed at the Potato Genetic Resources Department of VIR. **Results and conclusion.** The following true-breeding cultivars were identified for their resistance to *Phytophthora infestans*: ‘Ania’ (k-24063), ‘Baszta’ (k-24067), ‘Bobr’ (k-21103), ‘Dunajec’ (k-24074), ‘Klepa’ (k-24080), ‘Koga’ (k-24174), ‘Meduza’ (k-24082) and ‘Mors’ (k-24083) from Poland; ‘Caprice’ (k-25193), ‘Certo’ (k-19440) and ‘Valetta’ (k-21769) from Germany; ‘Aurora’ (k-12188), ‘Bastion’ (k-25198), ‘Bryansky nadezhny’ (k-12160), ‘Vdokhnoveniye’ (k-12192), ‘Vektor’ (k-25200), ‘Velikan’ (k-25201), ‘Zvezdochka’ (k-25209), ‘Kalinka’ (k-25148), ‘Lukyanovsky’ (k-11750), ‘Musinsky’ (k-25312), ‘Nakra’ (k-11916), ‘Nikulinsky’ (k-12171), ‘Prizer’ (k-25217), ‘Rapsodiya’ (k-25258), ‘Rossiyanka’ (k-12057), ‘Rucheyek’ (k-12213) and ‘Udacha’ (k-11900) from Russia; ‘Aktsent’ (k-12237), ‘Vetraz’ (k-11989), ‘Vytok’ (k-11897), ‘Zhuravinka’ (k-12106), ‘Kupalinka’ (k-12155), ‘Sintez’ (k-11666), ‘Suzorye’ (k-11992) from Belarus; ‘Vikhola’ (k-11270), ‘Zarevo’ (k-10773), ‘Svitank kievsky’ (k-11665), ‘Olviya’ (k-25094), ‘Rakurs’ (k-25098) from Ukraine; ‘Aytmurat’ (k-25248), ‘Berkut’ (k-25250), ‘Zholbarys’ (k-25155), ‘Nur-Alem’ (k-25253), ‘Senim’ (k-25306), ‘Seyanets Lapteva’ (k-25161), ‘Sunkar’ (k-25258), ‘Tamyz’ (k-25307) and ‘Udovitsky’ (k-25260) from Kazakhstan; etc. High percentage of plantlets resistant to late blight was observed among self-pollination progenies of cvs. ‘Aurora’ (k-12188), ‘Astra’ (k-10697), ‘Vikhola’ (k-11270), ‘Zhuravinka’ (k-12106), ‘Nayada’ (k-12157), ‘Rosinka’ (k-11993), ‘Skarb’ (k-11904), ‘Bobr’ (k-21103) and ‘Clarissa’ (k-21770). There were cultivars combining late blight resistance with such traits as resistance to potato nematode (*Globodera rostochiensis* Woll.) and viruses, high productivity, and increased starch content: ‘Zhuravinka’, ‘Ania’, ‘Baszta’, ‘Bobr’, ‘Certo’ and ‘Mors’. The selected genotypes are recommended as promising to be included in potato breeding programs.

Key words: cultivar, breeding, yield, starch, resistance, *Phytophthora infestans*, *Globodera rostochiensis*.

Введение

Одним из приоритетных направлений в селекции картофеля является выведение сортов устойчивых к фитофторозу. Фитофтороз вызывается оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Гриб поражает практически все части растения: листья, стебли, сто-

лоны, клубни, цветки и ягоды. Ущерб урожаю, причиняемый фитофторозом, зависит от места выращивания, погодных условий вегетационного периода, времени появления первых признаков заболевания, сортовых особенностей, системы защитных мероприятий и других факторов. Наибольший урон фитофтороз наносит в местностях с умеренной температурой и обиль-

ными осадками в течение вегетационного периода почти во всех картофелеводческих странах мира. В отдельные годы он может вызывать почти полную гибель урожая. Россия ежегодно теряет от фитофтороза в среднем около 4 млн т клубней.

В последние годы вредоносность этого заболевания возрастает. Оомицет *P. infestans* начал поражать картофель на протяжении всей вегетации, начиная со времени появления всходов и до естественного отмирания ботвы. Болезнь появляется на всех сортах, независимо от группы спелости. Начальные симптомы чаще всего появляются на верхних листьях и стеблях, затем только на средних и нижних, что сделало фитофтороз еще более вредоносным. Произошли значительные изменения в отношении возбудителя к условиям внешней среды (Ivanyuk, Avdey, 1997). Это связывают с появлением нового типа совместимости A2; в этом случае кроме вегетативного размножения у паразита наблюдается половое, при котором происходит рекомбинация генов вирулентности и формируются резистентные к фунгицидам расы (Fry et al., 1993; Fry, 2008).

По данным станции защиты растений (СТАЗР) и Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР), мониторинг популяции паразита в Ленинградской области показал ее высокую вирулентность, так как были идентифицированы все гены от R1 до R11, за исключением R9. Поскольку популяция гриба *P. infestans* в Ленинградской области представлена всеми генами вирулентности, защиту картофеля от болезни может обеспечить только горизонтальная устойчивость. Она определяется многими факторами, в том числе более длительным инкубационным периодом, замедленным распространением инфекции на растении после появления явных признаков заболевания, меньшей споруляцией и т. д. Полевая устойчивость, будучи независимой от расовой специализации паразита, является эффективным фактором ограничения вредоносности заболевания в полевых условиях (Kameraz, 1971).

Первый в мировой селекции сорт картофеля, устойчивый к фитофторозу – ‘Фитофтороустойчивый’ (сеянец 8670) – был выведен в 1931 г. И. И. Пушкаревым в научно-исследовательском институте картофельного хозяйства. Этот сорт был выведен с использованием мексиканского дикого вида *Solanum demissum* Lindl. Скрещивания этого вида с различными сортами, а также с другими видами картофеля были начаты в ВИР в 1928–1929 гг. Их проводили Т. Г. Нестерович, Г. М. Коваленко, Ф. Ф. Сидоров и др. В 1936–1937 гг. в больших масштабах с вовлечением более 200 сортов *S. tuberosum* L. работа была развернута А. Я. Камеразом. В настоящее время исходный материал на устойчивость к фитофторозу представлен в основном сложными межвидовыми гибридами-беккросами, несущими гены различных дикорастущих видов, а также сортами «межвидового» происхождения. Большинство фитофтороустойчивых сортов картофеля создано с участием дикорастущего вида *S. demissum*, некоторые из них обладают генами других видов.

Цель настоящей работы – формирование субколлекции селекционных сортов картофеля по устойчивости к фитофторозу по результатам скрининга коллекции и выделение новых источников устойчивости с комплексом хозяйственно ценных признаков для последующего использования в селекции.

Материал и методы

Работа выполнена на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Ленинградская обл.) на материале мировой коллекции селекционных сортов картофеля ВИР. Изучение проведено по методикам отдела генетических ресурсов картофеля (Budin et al., 1986; Kiru et al., 2010) и Международному классификатору СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium*

(Dun.) Buk. рода *Solanum* L. (Bukasov et al., 1984). Содержание крахмала клубней сортов картофеля определяли удельно-весовым способом по Методике изучения технологических свойств картофеля (Shinkarev, 1988). Он основан на определении плотности клубней в воздухе и воде с дальнейшим применением номограммы Эдгара и Назаренко для расчета процента сухого вещества и крахмала. Уборку и учет урожая осуществляли по мере созревания растений картофеля. Изучаемые сорта по продуктивности сравнивали с принятыми в Северо-Западном регионе сортами-стандартами: ‘Невский’ (среднеранний), ‘Петербургский’ и ‘Аврора’ (среднеспелые). Урожай определяли по следующей шкале: 1 – очень низкий, 5 – средний, 9 – очень высокий. В период вегетации отмечали поражение ботвы фитофторозом, вирусными болезнями. Оценку в полевых условиях на степень поражения болезнями проводили по 9-балльной шкале, где балл 9 – поражение отсутствует, 7 – слабая степень поражения, 5 – средняя, 3 – сильная, 1 – очень сильная степень поражения.

Изучение на степень поражения фитофторозом проводилось в эпитотийные годы (2011, 2012, 2013, 2015–2018 гг.) развития фитофтороза. В эти годы сильная степень развития болезни наблюдалась у большинства изучаемых образцов.

По сортам, выделенным по результатам полевой оценки, был проведен анализ их генеалогии, а также, по возможности, их оценка по потомству от самоопыления и результатам скрещивания.

Результаты и обсуждение

По результатам проведенной оценки на устойчивость к фитофторозу выделены сорта картофеля, слабо поражаемые фитофторозом по листьям (7–8 баллов): из Польши – ‘Ania’ (к-24063), ‘Baszta’ (к-24067), ‘Bobr’ (к-21103), ‘Dunajec’ (к-24074), ‘Klepa’ (к-24080), ‘Koga’ (к-24174), ‘Meduza’ (к-24082), ‘Mors’ (к-24083); из Германии: ‘Caprice’ (к-25193), ‘Certo’ (к-19440), ‘Valetta’ (к-21769); из России – ‘Аврора’ (к-12188), ‘Бастин’ (к-25198), ‘Брянский надежный’ (к-12160), ‘Вдохновение’ (к-12192), ‘Вектор’ (к-25200), ‘Великан’ (к-25201), ‘Звездочка’ (к-25209), ‘Калинка’ (к-25148), ‘Лукьяновский’ (к-11750), ‘Мусинский’ (к-25312), ‘Накра’ (к-11916), ‘Никулинский’ (к-12171), ‘Призер’ (к-25217), ‘Рапсодия’ (к-25258), ‘Россиянка’ (к-12057), ‘Ручеек’ (к-12213), ‘Удача’ (к-11900); из Беларуси – ‘Акцент’ (к-12237), ‘Ветразь’ (к-11989), ‘Выток’ (к-11897), ‘Журавинка’ (к-12106), ‘Купалинка’ (к-12155), ‘Синтез’ (к-11666), ‘Сузорье’ (к-11992); из Украины – ‘Вихола’ (к-11270), ‘Зарево’ (к-10773), ‘Свитанок киевский’ (к-11665), ‘Ольвия’ (к-25094), ‘Ракурс’ (к-25098); из Казахстана – ‘Айтмурат’ (к-25248), ‘Беркут’ (к-25250), ‘Жолбарыс’ (к-25155), ‘Нур-Алем’ (к-25253), ‘Сеним’ (к-25306), ‘Сеянец Лаптева’ (к-25161), ‘Сункар’ (к-25258), ‘Тамыз’ (к-25307), ‘Удовичкий’ (к-25260) и др.

При оценке по потомству от самоопыления высокий процент сеянцев, устойчивых к фитофторозу, был у сортов: ‘Аврора’ (к-12188; 62% устойчивых сеянцев), ‘Астра’ (к-10697; 82%), ‘Вихола’ (к-11270; 62%), ‘Журавинка’ (к-12106; 56%), ‘Наяда’ (к-12157; 67%), ‘Росинка’ (к-11993; 67%), ‘Скарб’ (к-11904; 77%), ‘Bobr’ (к-21103; 42%), ‘Clarissa’ (к-21770; 82%).

Особую ценность представляют сорта с комплексом хозяйственно ценных признаков, что позволяет более целенаправленно подбирать компоненты для скрещиваний. В таблице представлены сорта, сочетающие относительную устойчивость к фитофторозу с другими хозяйственно ценными признаками: устойчивостью к картофельной нематоде, вирусным болезням, высокой продуктивностью, повышенным содержанием крахмала. Выделены сорта, сочетающие в себе данные свойства: ‘Журавинка’, ‘Ania’, ‘Baszta’, ‘Bobr’, ‘Certo’, ‘Mors’ (Kostina et al., 2016).

Таблица. Сорта картофеля с хозяйственно ценными признаками
Table. Potato cultivars with valuable commercial traits

Название сорта	№ по каталогу ВИР	Устойчивость к фитофторозу, балл		Устойчивость к вирусным болезням, балл	Устойчивость к картофельной нематоде (патотипы)	Содержание крахмала, %	Продуктивность, балл
		листья	клубни				
Аврора	12188	7,5	7	5	Ro1	13,4–17,5	8
Акцент	12237	7,5	8	8	–	14,9–17,0	6
Брянский надежный	12160	7,5	9	6	–	16,4–21,7	7
Вектор	25200	7	8	6	–	17,5–21,1	5
Ветразь	11989	8	7	7	Ro1	16,4–17,5	5
Вихола	11270	7	7	5	Ro1	14,3–15,0	7
Выток	11897	7	7	7	–	17,0–24,3	5
Журавинка	12106	6,5	8	6	Ro1	15,4–24,9	7
Зарево	10773	6,5	7	6	–	22,2–24,9	6
Купалинка	12155	7	8	6	–	15,4–19,5	6
Никулинский	12171	7	9	6	–	11,5–21,7	5
Нур-Алем	25253	6	7	8	–	13,4–13,9	7
Ольвия	25094	7,5	7	6	–	13,4–17,2	7
Ракурс	25098	7,5	8	7	–	15,4–18,5	5
Рапсодия	25130	7,5	6	8	–	13,4–15,7	6
Ручеек	12213	7	4	7	Ro1	13,4–16,4	7
Свитанок киевский	11665	6	8	7	–	16,0–24,7	7
Синтез	11666	7	7	7	–	18,0–26,0	6
Удача	11900	8	9	7	–	12,6–14,6	7
Удовицкий	25260	7,5	8	6	–	12,9–14,4	5
Ania	24063	7,5	6	7	Ro1	16,9–20,6	7
Baszta	24067	6		7	Ro1	16,5–21,9	6
Bobr	21103	6		7	Ro1	16,2–21,7	6
Caprice	25193	6,5	8	7	Ro1,3,4,5	9,5–12,4	7
Certo	19440	7	7	6	Ro1	17,0–23,8	7
Dunajec	24074	7,5	6	6	Ro1	24,9–27,1	5
Mors	24083	7,5	7	7	Ro1	15,2–25,4	7

Генетика фитофтороустойчивости.

Часть сортов картофеля не имеют ни одного гена устойчивости к фитофторе (R) и характеризуются генотипом r. Такие сорта поражаются всеми расами фитофторы. Это, как правило, сорта, в происхождении которых не участвовали фитофтороустойчивые виды.

Black (1952) пришел к заключению, что существуют четыре главных гена, обуславливающих сверхчувст-

вительность к фитофторе: они были названы R1, R2, R3, R4. Позже предлагается интернациональная номенклатура рас фитофторы и наследственных факторов, обуславливающих устойчивость к фитофторозу. Согласно этой номенклатуре, раса 1 поражает генотип R1, раса 2 – генотип R2, раса 3 – генотип R3, раса 4 – генотип R4, расы 1,2 – генотипы R1, R2 и R1R2, расы 1,3 – R1, R3, R1R3 и т. д. Частота встречаемости различных рас

значительно варьирует в разные годы (Bukasov, Kameraz, 1972).

Позже появились новые гены устойчивости: *R5*, *R6*, *R7*, *R8*, *R9*, *R10*.

R. Schick с сотрудниками (1954) пришли к заключению, что среди *S. stoloniferum* Schlecht. имеются формы с геном *R6*. Интенсивная селекционная работа во многих странах мира создала большое разнообразие сортов картофеля. Широкое использование в селекции мексиканского вида *S. demissum* способствовало выведению многочисленных сортов – межвидовых гибридов с наличием *R*-генов.

Сорта с генотипами:

r – большинство сортов характеризуется этим генотипом, т. е. не имеет *R*-генов, определяющих сверхчувствительность к фитофторе: 'Лорх', 'Октябренок', 'Приекульский ранний', 'Ульяновский', 'Allegro', 'Amalia', 'Angela', 'Assia', 'Attica', 'Aula', 'Belladonna', 'Berber', 'Bodenkraft', 'Certo', 'Cosima', 'Granola', 'Grata', 'Hilta', 'Indira', 'Katja', 'Margit', 'Nicola', 'Ostara', 'Revelino', 'Sagitta', 'Thomana', 'Ute' и др.

В результате скрининга мировой коллекции селекционных клонов картофеля выявлены сорта и гибриды с идентифицированными генами устойчивости к фитофторозу. Сведения о генотипах сортов картофеля приведены в работах: Каталог «Генетическая коллекция» (Kostina, Koroleva, 2012) – 76 сортов; Монография «Die Kartoffel» (Schick, Klinkowski, 1962) – 108 сортов; «Селекция и семеноводство картофеля» (Bukasov, Kameraz, 1972) – 177 сортов. Также использована статья, опубликованная в сборнике научных трудов (Luksha et al., 2012).

Наибольшее число сортов обладает геном *R1*. Меньшее число сортов выведено с генотипами: *R2*, *R6*, *R1R2*, *R1R4*, *R2R3*, *R2R4*, *R3R4*, *R1R2R3*, *R1R2R4*, *R1R3R4*, *R1R2R3R4* и *R10*.

R1 (данным генотипом обладают 34 образца коллекции ВИР) – 'Детскосельский' (к-2902), 'Дружный' (к-10125), 'Искра' (к-10127), 'Камераз' (к-1555), 'Лилея' (к-24623), 'Наяда' (к-12157), 'Пушкинский' (к-24086), 'Ресурс' (к-11663), 'Смена' (к-10146), 'Темп' (к-6924), 'Уладар' (к-24828), 'Фитофтороустойчивый' (к-10957), 'Янтарный' (к-6931), 'Apta' (к-19594), 'Augusta' (к-4906), 'Benedetta' (к-4907), 'Clivia' (к-14990), 'Datura' (к-4914), 'Drossel' (к-4992), 'Fina' (к-16729), 'Fortuna' (к-19453), 'Greta' (к-6609), 'Heidrun' (к-18582), 'Herkula' (к-6663), 'Kennebec' (к-17261), 'Luna' (к-19427), 'Lyra' (к-22137), 'Maritta' (к-20662), 'Mentor' (к-5160), 'Saco' (к-24034), 'Saturna' (к-6236), 'Spatz' (к-4406), 'Tawa' (к-4182), 'Wyszoborskie' (к-2319).

R2 – 'Веселовский 2-4' (к-6886).

R3 (17 образцов) – 'Жуковский ранний' (к-11825), 'Ambassadeur' (к-3714), 'Christa' (к-16744), 'Culpa' (к-16724), 'Delos' (к-5529), 'Dorita' (к-6606), 'Fausta' (к-16752), 'Frila' (к-9207), 'Gusto' (к-19468), 'Harli' (к-4400), 'Juliver' (к-20375), 'Moni' (к-18326), 'Pentland Beauty' (к-4756), 'Regent' (к-19576), 'Saphir' (к-6209), 'Sommerstarke' (к-9764), 'Ukama' (к-19556).

R4 (7 образцов) – 'Гатчинский' (к-10123), 'Лошицкий' (к-6857), 'Столовый 19' (к-6864), 'Antje' (к-5047), клон CPC 1563с (14) (к-22486), 'Isola' (к-16732), 'Promesse' (к-19574).

R6 – гибрид LBR₆ (к-24010).

R10 – 'Amigo' (к-22877).

R1R2 (2 образца) – 'Невский' (к-10736), клон CPC 1647b (1) (к-22487).

R1R3 (10 образцов) – 'Раменский' (к-10750), 'Снегирь' (к-11984), 'Anco' (к-5023), 'Astrid' (к-11246), 'Extase' (к-5158), 'Heiko' (5025), 'Laverta' (к-5032), 'Remona' (к-4402), 'Rotkelchen' (к-7904), 'Susanna' (к-5538).

R1R4 (3 образца) – 'Сотка' (к-10764), гибрид LBR₁R₄ (к-24014), 'Virginia' (к-4948).

R2R3 (3 образца) – 'Резерв' (к-10751), клон CPC 1682с (1) (к-22490), гибрид LBR₂R₃ (к-24016).

R2R4 – 'Красноуфимский' (к-1557).

R3R4 – 'Эпоса' (к-5107).

R1R2R3 – 'Pentland Dell' (к-9776).

R1R2R4 (2 образца) – 'Арина' (к-10157), клон CPC 2070 (69) (к-22493).

R1R3R4 – гибрид R₁R₃R₄ (к-24058).

К услугам селекционеров много различных сортов – носителей различных *R*-генов. Располагая сведениями о наиболее часто повторяющихся популяциях рас фитофтороза в регионе, можно вести подбор исходного материала по устойчивости к фитофторозу в этих регионах. А. Я. Камераз считал, что после появления высоковирулентных рас гриба создание сортов, устойчивых к этому заболеванию, является вполне осуществимой задачей (Bukasov, Kameraz, 1972).

Генеалогия сортов, устойчивых к фитофторозу.

Первый сорт, устойчивый к фитофторозу, названный 'Фитофтороустойчивый' (генотип R1, межвидовой гибрид *S. demissum* 8670), был выведен в институте картофеля хозяйства при скрещивании [(*S. demissum* × Granat) × Granat] × Imperator. С использованием этого сорта в Беларуси выведены сорта: 'Агрономический' = Cobbler × (Фитофтороустойчивый × Seidlitz), 'Звеньевой' = (Фитофтороустойчивый × Seidlitz) × Katahdin, 'Партизан' = Фитофтороустойчивый × Betula, 'Трудовой' = Фитофтороустойчивый × Schulmaster. На Йыгеваской станции селекционер Тамм вывел слабо поражаемые фитофторой сорта 'Олев' (R1R4) и 'Йыгева Тальвик' (R1R4) от скрещивания сорта 'Вирулане' с устойчивым к фитофторозу Мюнхенбергским гибридом 40663/21 (R1R4). В следующем цикле скрещиваний с сортом 'Олев' выведены сорта 'Лошицкий' (R4) = Олев × Корневский, 'Сотка' (R1R4) = Олев × Приекульский ранний, 'Столовый 19' (R4) = Олев × Приекульский ранний. Профессор И. А. Веселовский вывел сорт 'Веселовский 2-4' (R2) при скрещивании: [(*S. demissum* × Peпо) × Katahdin] × Rosafolia. С использованием сорта 'Веселовский 2-4' выведен слабо поражаемый фитофторозом сорт 'Невский' (R1R2) = Веселовский 2-4 × Кандидат (Kostina, 1992; Kostina, Kosareva, 2017).

Заключение

Выведение сортов, устойчивых к фитофторозу (*Phytophthora infestans*), является одним из приоритетных направлений в селекции картофеля. Подготовлена база данных по селекционным сортам картофеля с учетом всесторонней оценки этой коллекции. Впервые была проведена полевая оценка новых сортов картофеля, поступивших в коллекцию ВИР, по устойчивости к фитофторозу в условиях Ленинградской области, а также ранее изученных сортов на поражение новыми расами фитофтороза. По некоторым выделенным сортам данные подтверждены оценкой их по потомству от самоопыления. Особую ценность представляют фитофтороустойчивые сорта с комплексом других хозяйственно ценных признаков (устойчивости к картофельной нематоде, вирусным болезням, продуктивности и содержанию крахмала), что позволяет более целенаправленно подбирать компоненты для скрещивания. В статье представлена база данных по генотипам устойчивости к фитофторозу с различными *R*-генами. В результате скрининга коллекции селекционных сортов картофеля была создана признаковая коллекция с идентифицированными генами устойчивости. Сведения по некоторым выделенным сортам дополнены анализом их родословных.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

References/Литература

- Black W.A. Genetical basis for the classification of strains of *Phytophthora infestans*. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*. 1953;65(1):36-51.
- Budin K.Z., Kameraz A.Ya., Bavyko N.F., Kostina L.I., Morozova E.V., Turuleva L.M. Methodological guidelines for studying and maintaining the VIR potato collection (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu obraztsov mirovoy kollektsii kartofelya). Leningrad: VIR; 1986. [in Russian] (Будин К.З., Камераз А.Я., Бавыко Н.Ф., Костина Л.И., Морозова Е.В., Турулева Л.М. Методические указания по изучению и поддержанию образцов мировой коллекции картофеля. Ленинград: ВИР; 1986).
- Bukasov S., Budin K., Kameraz A., Lehnovich V., Kostina L., Bavyko N., Korneychuk V., Zadina J., Vidner I., Major M., Bareš I., Odegnal V., Baranek N. International COMECON list of descriptors for potato species of the section *Tuberosum* (Dun.) Buk., genus *Solanum* L. (Mezhdunarodny klassifikator SEV vidov kartofelya sekcii *Tuberosum* (Dun.) Buk. roda *Solanum* L.). Leningrad: VIR; 1984. [in Russian] (Букасов С., Будин К., Камераз А., Лехнович В., Костина Л., Бавыко Н., Корнейчук В., Задина Я., Виднер И., Майор М., Бареш И., Одегнал В., Баранек Н. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberosum* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Ленинград: ВИР; 1984).
- Potato breeding and seed production (Selektsiya i semenovodstvo kartofelya). Leningrad: Kolos; 1972. [in Russian] (Букасов С.М., Камераз А.Я. Селекция и семеноводство картофеля. Ленинград: Колос; 1972).
- Fry W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Mol. Plant Pathol.* 2008;9(3):385-402. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x
- Fry W.E., Goodwin S.B., Dyer A.T., Matuszak J.M., Drenth A., Tooley P.W. et al. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways, and implications. *Plant Disease*. 1993;77:653-661.
- Ivanyuk V.G., Avdey O.V. New in the biology of potato late blight pathogen (Novoye v biologii vzbuditelya fitoftoroza kartofelya). *NTI i rynek = STI and the Market*. 1997;(6):13-14. [in Russian] (Иванюк В.Г., Авдей О.В. Новое в биологии возбудителя фитофтороза картофеля. *НТИ и рынок*. 1997;(6):13-14).
- Kameraz A.Ya. Potato breeding (Selektsiya kartofelya). In: *Cultivated flora of the USSR (Kulturnaya flora SSSR)*. Vol. 9. Leningrad: VIR; 1971. p.430-440. [in Russian] (Камераз А.Я. Селекция картофеля. В кн.: *Культурная флора СССР*. Т. 9. Ленинград: ВИР; 1971. С.430-440).
- Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteeva N.M., Rogozina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Guidelines for the maintenance and study of the global potato collection (Metodicheskiye ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoy kolle-
- ktssii kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотеева Н.М., Рогозина Е.В., Королева Л.В., Фомина В.Е., Палеха С.В., Косарева О.С., Кирилов Д.А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2010).
- Kostina L.I. Identification of source material for potato breeding on pedigree basis (Methodological guide) (Vydeleniye iskhodnogo materiala dlya selektsii kartofelya na osnove genealogii [Metodicheskoye ukazaniye]). St. Petersburg: VIR; 1992. [in Russian] (Костина Л.И. Выделение исходного материала для селекции картофеля на основе генеалогии (Методическое указание). Санкт-Петербург: ВИР; 1992).
- Kostina L.I., Koroleva L.V. Catalogue of the VIR global collection. Issue 809. Genetic collection (Geneticheskaya kollektsiya). St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Костина Л.И., Королева Л.В. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 809. Генетическая коллекция. Санкт-Петербург: ВИР; 2012).
- Kostina L.I., Koroleva L.V., Kosareva O.S., Fomina V.E. Catalogue of the VIR global collection. Issue 829. Potato varieties of Russia and the CIS countries (Selektsionnye sorta kartofelya Rossii i stran SNG). St. Petersburg: VIR; 2016. [in Russian] (Костина Л.И., Королева Л.В., Косарева О.С., Фомина В.Е. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 829. Селекционные сорта картофеля России и стран СНГ. Санкт-Петербург: ВИР; 2016).
- Kostina L.I., Kosareva O.S. Pedigree of domestic potato cultivars varieties (Genealogiya otechestvennykh sortov kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] (Костина Л.И., Косарева О.С. Генеалогия отечественных сортов картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2017).
- Luksha V.I., Voronkova E.V., Gukasian O.N., Yermishin A.P. Estimation *S. tuberosum* primary dihaploids on possession of disease and pest resistance genes by means of PCR analysis. *Molecular and Applied Genetics: Proceedings*. Minsk, 2012;13:82-87. [in Russian] (Лукша В.И., Воронкова Е.В., Гукасян О.Н., Ермишин А.П. Оценка первичных дигаметов *S. tuberosum* на наличие генов устойчивости к болезням и вредителям методом ПЦР-анализа. *Молекулярная и прикладная генетика: сб. науч. тр.* Минск; 2012;13:82-87).
- Schick R., Klinkowski M. Die Kartoffel. In: *Europäische und nordamerikanische Sorten*. Berlin; 1962. p.1829-2023.
- Schick R., Schick E., Hank H. Einige Bemerkungen zu einer internationalen Nomenklatur der Phytophthora-Rassen und der die Phytophthora-Widerstandsfähigkeit kontrollierenden Gene der Kartoffel. *Der Züchter*. 1954;(24).
- Shinkarev V.I. Methodological guidelines for studying the technological properties of potatoes (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu tekhnologicheskikh svoystv kartofelya). Leningrad; 1988. [in Russian] (Шинкарев В.И. Методические указания по изучению технологических свойств картофеля. Ленинград; 1988).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Костина Л.И., Косарева О.С. Целевая субколлекция селекционных сортов картофеля по устойчивости к фитофторозу. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):36-40. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-36-40

Kostina L.I., Kosareva O.S. Targeted sub-collection of potato cultivars specific to late blight resistance. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):36-40. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-36-40

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-36-40>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ЗИМОСТОЙКОСТЬ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНОВ РОССИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-41-49

УДК 633.111.1:57.033

Поступление/Received: 24.05.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

Н. С. ЛЫСЕНКО, В. А. ЛОСЕВА, О. П. МИТРОФАНОВА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ o.mitrofanova@vir.nw.ru

WINTER HARDINESS OF BREAD WHEAT FROM THE
VIR COLLECTION IN ENVIRONMENTS
OF THE NORTHWESTERN AND CENTRAL
BLACK SOIL REGIONS OF RUSSIA

N.S. LYSENKO, V.F. LOSEVA, O.P. MITROFANOVA

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

Актуальность. Устойчивость озимой мягкой пшеницы к неблагоприятным факторам зимовки – одна из важнейших ее адаптивных характеристик. Для получения высоких урожаев современные сорта должны обладать разнообразными защитными реакциями. Для их объединения в одном генотипе требуется соответствующий исходный материал. В России в качестве исходного материала традиционно используют образцы коллекции ВИР. Целями настоящего исследования были (1) оценить по зимостойкости в условиях полевого опыта образцы коллекции ВИР; (2) на основе полученных данных и с учетом географического происхождения образцов сформировать целевую субколлекцию и провести ее эколого-географическое изучение. **Материалы и методы.** Исходная выборка содержала 431 образец озимой мягкой пшеницы из различных регионов РФ и бывшего СССР, а также 484 образца из 18 зарубежных стран. Полевую оценку зимостойкости проводили в условиях Северо-Западного (г. Пушкин N59°41' E30°20', 2006/2007, 2007/2008, 2013/2014 гг.) и Центрально-Черноземного (пос. Екаторинино N52°59' E40°50' Тамбовской области, 2007/2008, 2008/2009 г.) регионов РФ. Степень зимостойкости коллекционных образцов определяли согласно методике, разработанной в ВИР. **Результаты и выводы.** В Пушкине в 2006/2007 г. высокую и очень высокую степень зимостойкости проявили 114 образцов из РФ и бывшего СССР, а также 12 образцов зарубежных стран. На основе полученных данных и с учетом разнообразия географического происхождения материала была сформирована целевая субколлекция, образцы которой прошли двухлетнее эколого-географическое изучение. С использованием рангового критерия Фридмана показано, что варьирование зимостойкости 158 образцов целевой субколлекции обусловлено влиянием условий выращивания ($\chi^2_3 = 256,7$; $df = 4$; $\chi^2_{W=0,05} = 9,5$) и генотипическими различиями между образцами ($\chi^2_3 = 239,3$; $df = 157$; $\chi^2_{W=0,05} = 187,2$), причем влияние первых сильнее, чем вторых. С использованием кластерного анализа (алгоритм k-средних) выявлена структура целевой субколлекции образцов. Обнаружено 12 образцов, хорошо зимовавших в обоих географических пунктах в течение всех лет их испытания.

Ключевые слова: коллекция ВИР, мягкая пшеница, целевая субколлекция, образец, зимостойкость, эколого-географическое изучение.

Background. Winter wheat resistance to adverse wintering conditions is one of the most important adaptive characteristics. To obtain high yields, modern wheat cultivars should have various protective reactions. For their successful combination in one genotype, the availability of appropriate initial material is of great importance. In Russia, the accessions from the VIR collection are traditionally used as initial material for wheat breeding. The aims of the present study were (1) to evaluate winter hardiness in accessions from the VIR collection in a field test, and (2) to use the obtained data and those on the geographical origin of accessions for making up the target sub-collection and performing its eco-geographical studies. **Materials and methods.** The initial sample for field screening contained 431 accessions of common winter wheat from different regions of Russia and the former USSR, and 484 accessions from 18 foreign countries. Winter hardiness of these accessions was tested in the environmental conditions of the Northwestern region (Pushkin, 59°41'N 30°20'E, 2006/2007, 2007/2008 and 2013/2014) and of the Central Black Soil region (Yekaterinino, 52°59'N 40°50'E, Tambov Province, 2007/2008 and 2008/2009). The degree of winter hardiness was determined in accordance with the technique developed at VIR. **Results and conclusions.** In 2006/2007, in Pushkin, a high and a very high degree of winter hardiness was displayed by 114 accessions with the origin from Russia and the former USSR as well as by 12 accessions from foreign countries. Based on the obtained data and taking into account the diversity of the geographical origin of accessions, the target sub-collection was formed, whose accessions were subjected to eco-geographical two-year field studies (Pushkin, 59°41'N 30°20'E, 2007/2008, 2013/2014, and Yekaterinino, 52°59'N 40°50'E, Tambov Province, 2007/2008, 2008/2009). The Friedman's variance analysis has shown that variation on winter hardiness in 158 accessions from the target sub-collection was determined by the environmental conditions of wheat cultivation ($\chi^2_3 = 256,7$; $df = 4$; $\chi^2_{W=0,05} = 9,5$) and by genetic differences between accessions ($\chi^2_3 = 239,3$; $df = 157$; $\chi^2_{W=0,05} = 187,2$) at that effect of the prior was stronger than that of the latter. By using the cluster analysis (k-means algorithm), the target sub-collection structure has been revealed. Twelve accessions that overwintered well at both geographical locations during all the years of testing were identified.

Key words: the VIR collection, common wheat, the target collection, accession, winter hardiness, eco-geographical study.

Введение

Зимостойкость озимой мягкой пшеницы определяется способностью растений без значительных повреждений переносить действие целого ряда неблагоприятных абиотических и биотических факторов внешней среды. На некоторую географическую закономерность распространения этих факторов указывал еще Н. И. Вавилов и рекомендовал иметь сорта с разными типами зимостойкости (Vavilov, 1935). На основании анализа многолетних наблюдений метеорологических станций и результатов перезимовки пшеницы в различных географических пунктах СССР были уточнены комбинации причин, обуславливающих гибель посевов озимой мягкой пшеницы (Yakovlev, 1966). Для Северо-Западного региона РФ (г. Пушкин) к ним отнесены: теплая осень с избыточным увлажнением, не способствующая закалке растений; наличие зимних продолжительных оттепелей, нарушающих период покоя растений и приводящих к возобновлению их ростовых процессов; образование ледяных корок, вызывающих механические повреждения и нарушение газообмена растений; поражение ослабленных растений снежной плесенью и другими болезнями. В совокупности все эти факторы создают естественный фон для дифференциации озимой мягкой пшеницы по зимостойкости (Dyubin, Novikova, 1985).

В разные периоды времени в условиях Пушкина с целью характеристики образцов коллекции озимой мягкой пшеницы ВИР и поиска для селекции источников зимостойкости была дана оценка различным наборам образцов (Strutsovskaya, 1968, 1969; Berlyand-Kozhevnikov et al., 1976; Komarov et al., 1982; Barashkova et al., 1983). С начала 1990-х годов коллекция озимой мягкой пшеницы ВИР пополнилась новыми образцами, реакцию которых на неблагоприятные факторы зимовки не изучали. Мы решили устранить этот пробел в характеристиках образцов. В задачи настоящего исследования входило: (1) в полевом опыте в сравнении с ранее выявленными источниками зимостойкости оценить перезимовку образцов, включенных в коллекцию ВИР с 1990 по 2006 г., (2) на основе полученных данных и с учетом географического происхождения образцов сформировать целевую субколлекцию по зимостойкости и провести ее эколого-географическое изучение.

Материал и методы

Материалом для оценки зимостойкости послужили образцы озимой мягкой пшеницы, поступившие в коллекцию ВИР в разные годы:

1907–1916	5
1921–1929	66
1930–1939	78
1940–1949	46
1950–1959	29
1960–1969	11
1970–1979	53
1980–1989	50
1990–1999	90
2000–2006	487
<i>Всего:</i>	<i>915 образцов</i>

В состав набора вошли образцы из РФ и бывшего СССР, а также из 18 зарубежных стран. Отечественный материал был представлен 264 современными селекционными и 167 староместными сортами, зарубежный – 462 селекционными сортами и 22 образцами, поступившими в коллекцию до 1940 г. Посев проводили на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин) в 2006/2007 г. в оптимальные сроки вручную. В качестве стандарта использовали сорт 'Мироновская 808' (к-43920).

Зимостойкость образцов определяли по состоянию всходов осенью, перед уходом в зиму, и весной, в апреле, после зимовки. По степени изреженности всходов на делянках судили о степени зимостойкости образца, используя шкалу, приведенную А. Ф. Мережко (Merezhko, 1999). Полную гибель растений обозначали баллом 0, очень низкую зимостойкость (сохранилось < 30% всходов) – 1, низкую (31–50%) – 3, среднюю (51–70%) – 5, высокую (71–90%) – 7 и очень высокую (> 90%) – баллом 9.

В 2006/2007 г. в лаборатории микологии и фитопатологии Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР) нами был определен видовой состав возбудителей болезней, которые могли влиять на зимостойкость растений озимой мягкой пшеницы. Для этого использовали методы работы с чистыми культурами грибов (Kononova, Tyryshkin, 2008), принятыми в этой лаборатории. Пораженные листья растений, собранные на разных делянках поля ВИР в Пушкине, помещали в пакеты BIO-REBA. В них листья тщательно промывали проточной водой, сначала с добавлением моющего средства (ПАВ), затем без него. Содержимое пакетов стерилизовали 1 мин 0,1-процентным раствором нитрата серебра в 70-процентном растворе этанола. После стерилизации остатки листьев тщательно промывали водопроводной водой, затем стерильной водой и, наконец, стерильной водой с добавлением сульфата стрептомицина в расчете 300 мг/л. В ламинарном боксе фрагменты листьев раскладывали на поверхность питательной среды, разлитой в чашки Петри и содержащей агар. Перед разливом питательной среды в нее добавляли сульфат стрептомицина в концентрации 100 мг/л для подавления роста бактерий и 3–5 мл 2-процентного раствора Triton X-100 для снижения линейного роста мицелиальных грибов. Через 7–10 суток мицелий грибов, выросший вокруг фрагментов листьев, отсеивали в другие чашки Петри с питательной средой и выращивали изоляты грибов, которые идентифицировали под микроскопом.

На основе полученных результатов перезимовки образцов в 2006/2007 г., а также с учетом разнообразия их географического происхождения формировали целевую субколлекцию для двухлетнего эколого-географического изучения в условиях Северо-Западного (г. Пушкин N59°41' E30°20', 2007/2008, 2013/2014 г.) и Центрально-Черноземного (пос. Екатериново N52°59' E40°50' Тамбовской области, 2007/2008, 2008/2009 г.) регионов РФ. Посев, наблюдения и учеты проводили по методикам, принятым в этих зонах. В Пушкине в 2007/2008 г. с делянок было отобрано по 10 растений каждого образца и сделан лабораторный анализ наиболее важных компонентов продуктивности колоса и растения. В настоящей статье приведены данные лишь для стабильно зимостойких образцов.

Для одновременного сравнения результатов перезимовки образцов целевой субколлекции использовали ранговый критерий Фридмана (Zaitsev, 1984). Все расчеты сделаны в программе Microsoft Excel. Разделение целевой субколлекции на группы (кластеры), максимально различающиеся между собой и содержащие наиболее схожие образцы внутри групп, осуществляли методом средних в программном пакете Statistica 12.

Условия проведения опытов. Климат Ленинградской области – атлантико-континентальный с умеренно холодной зимой, частыми оттепелями и влажным нежарким летом (<http://x47.ru/1.php>). В 2006/2007 г., согласно данным метеорологических наблюдений метеостанции (г. Пушкин), средняя температура осенних месяцев была немного выше многолетних данных; более теплыми были также декабрь и первая декада января. Зимние холода наступили с середины января, а в феврале произошло резкое понижение температуры (в среднем до -12°C , в отдельные дни до -20°C). В марте температура резко повысилась и превышала многолетние данные в среднем на 8°C . В апреле и мае были незначительные отклонения от климатической нормы. Количество осадков в каждый из рассматриваемых месяцев и за весь вегетационный период выпало меньше нормы – всего 119,5 мм (62% от 194 мм по многолетним данным). Высота снежного покрова в январе – феврале была существенно меньше нормы, в феврале приблизилась к многолетнему значению, а в марте оказалась существенно ниже ее. Промерзание почвы на глубине 30 см было максимальным в феврале ($-4,2^{\circ}\text{C}$), в марте температура почвы на этой глубине составила $-0,2^{\circ}\text{C}$.

В 2007/2008 г. сложились более благоприятные для вегетации растений пшеницы погодные условия, средние температуры воздуха незначительно отличались от многолетних, за исключением февраля и марта, когда они были выше нормы на 7°C . Однако количество осадков, в сравнении с предыдущим годом, выпало меньше нормы, и высота снежного покрова была меньше, особенно в феврале.

В 2013/2014 г. средние температуры воздуха с сентября по декабрь были положительными, резко (на 8°C) понизились в январе, минимальная температура достигала $-22,4^{\circ}\text{C}$. В феврале температура установилась выше нормы (около 0°C) и плавно поднялась в марте до $+3,7^{\circ}\text{C}$. В последующие весенние месяцы она была близка к норме, в то время как количество осадков было меньше нормы, особенно в январе (2,1 мм) и апреле (5,4 мм).

В Тамбовской области климат умеренно континентальный. В 2007 г. посев образцов целевой субколлекции был проведен 12 сентября, а в 2008 г. – на две недели раньше. В оба года изучения ежемесячные температуры воздуха, за исключением ноября 2007 г., превышали средние многолетние, при этом в 2008/2009 г. разница была больше. В 2007/2008 г. стабильный переход к отрицательным температурам был постепенным и произошел в начале ноября, в 2008/2009 г. – резким и в начале января, при этом отмечались колебания температуры до -20°C в декабре и феврале. В пос. Екатеринино, в сравнении с г. Пушкин, в 2007 г. декабрь и январь были холоднее, февраль – теплее. Количество осадков выпало близко к норме, но резко колебалось по месяцам: их было больше в октябре, ноябре и марте, существенно меньше в сентябре, декабре и феврале. В 2008/2009 г. в рассматриваемые месяцы вегетационного периода осадков выпало меньше на 27%, а средняя высота снежного покрова в оба года изучения была примерно одинаковой.

В целом в годы выращивания образцов в обоих пунктах изучения наблюдали значительную вариабельность погодных условий, что способствовало выявлению дифференциации образцов озимой мягкой пшеницы по адаптивности.

Результаты и обсуждение

Оценка перезимовки озимой мягкой пшеницы в Пушкине в 2006/2007 г. показала гибель 115 образцов из 431 происхождения из РФ и бывшего СССР, а также 385 из 484 образцов зарубежных стран. При лабораторном определении видового состава возбудителей болезни было выявлено наличие спор грибов *Fusarium culmorum* (Wm.G.Sm.) Sacc., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. oxysporum* Schlechtend., *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett. Поражение растений пшеницы этими грибами могло влиять на ее перезимовку.

Распределение образцов из разных регионов России по степени зимостойкости представлено на рисунке 1.

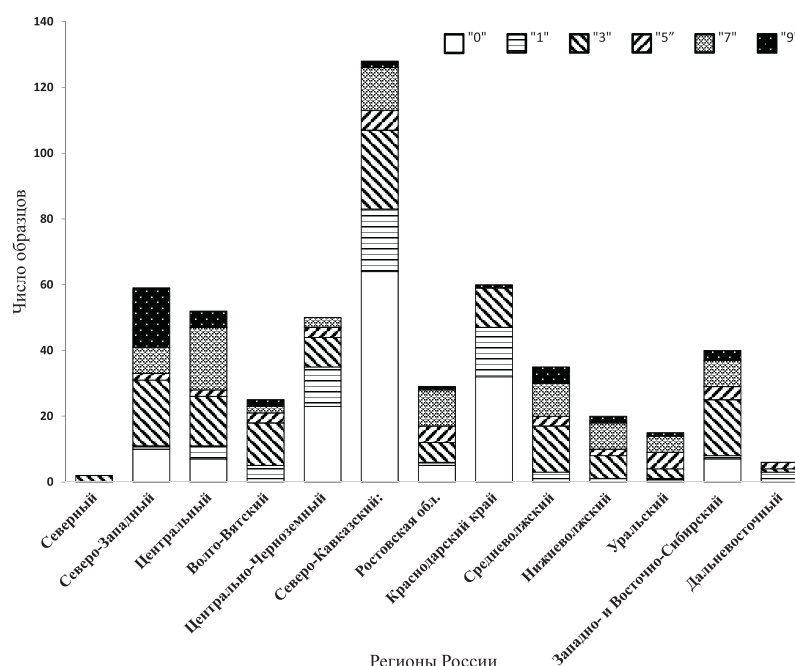


Рис. 1. Распределение образцов, происходящих из разных регионов РФ, по степени зимостойкости в условиях г. Пушкин (2006/2007 г.)

Обозначения: 0...9 – степень зимостойкости, балл

Fig. 1. Distribution of accessions originating from different regions of Russia according to their winter hardiness (Pushkin, 2006/2007)

Designations: 0...9 – winter hardiness degree, points

Регионы даны по Государственному реестру селекционных достижений, допущенных к использованию в 2018 г. (https://gossort.com/docs/REESTR_2018.pdf). Только 31 образец имел среднюю, 76 – высокую и 38 – очень высокую зимостойкость. Суммарная доля образцов этих групп варьировала от 12% (Центрально-Черноземный регион) до 73% (Уральский регион). Наиболее высокая пропорция образцов с зимостойкостью 7 баллов обнаружена среди озимой мягкой пшеницы Центрального и Нижневолжского регионов, а 9 баллов – Северо-Западного и Средневолжского. Следует отметить, что значительные различия по перезимовке показали образцы из Краснодарского края и Ростовской области (Северо-Кавказский регион). В первом случае лишь один из 60 изученных образцов отнесен к перечисленным выше классам, во втором – 17 из 29 образцов.

Среди выявленных зимостойких образцов – староместные сорта и отобранные из них линии Владимир-

ской (к-32707, к-32715, к-36437, к-36480), Вологодской (к-41810); Кировской (к-25707, к-11767 'Ферругинум 4'); Костромской (к-8564 и к-38435 'Сумароковская местная'); Московской (к-11617) и Новгородской (к-4296 'Местная 4') областей, а также селекционные сорта и линии из разных регионов России (к-38365 'Вязниковская' и к-55820 'Нерль' – Владимирская область; к-54494 'Одинцовская 75', к-59269 'Немчиновская 52', к-62440 'Памяти Федина', к-64160 'Московская 39' – Московская область; к-38291 'Казачка', к-58661 'Омская 2' – Омская область; к-63929 'Августа', к-64491 'Авеста' – Ростовская область; к-64281 'Светоч' и к-64278 'Безенчукская 616' – Самарская область; к-62736 'Саратовская остистая' и к-63106 'Губерния' – Саратовская область; к-62431 'Казанская 84', к-62437 'Казанская 232' и к-63027 'Казанская 2074' – Татарстан).

Среди зарубежного материала, поступившего в 1990–2006 гг., только 22 образца показали среднюю степень зимостойкости – 10 высокую и 2 очень высокую (рис. 2).

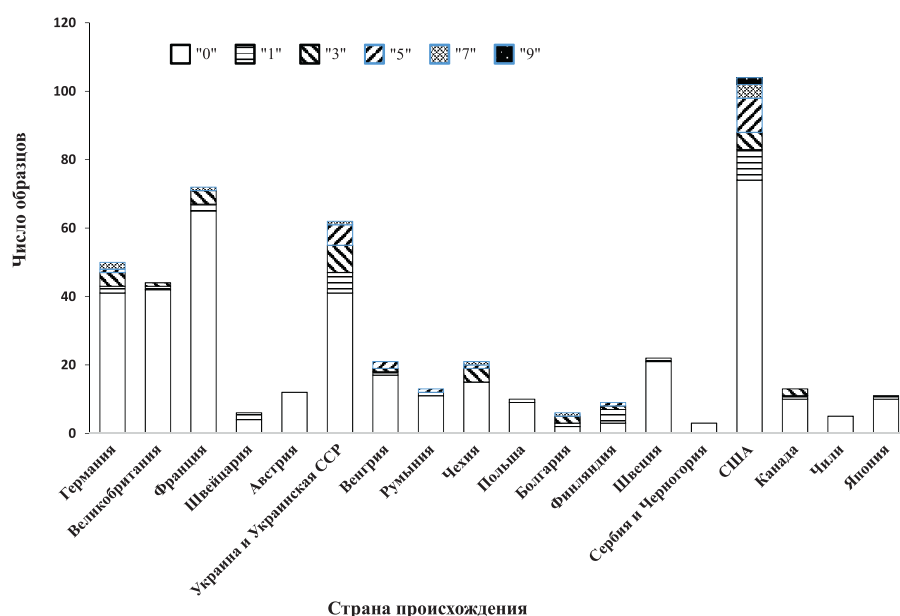


Рис. 2. Распределение образцов разных стран по степени зимостойкости (Пушкин, 2006/2007 г.)
Обозначения: 0...9 – степень зимостойкости, балл

Fig. 2. Distribution of accessions from different countries according to their winter hardiness (Pushkin, 2006/2007)

Designations: 0...9 – winter hardiness degree, points

Образцы, относящиеся к перечисленным группам зимостойкости, происходили из США (к-63878 'Hart', к-63634 'Lincoln', к-63628 'Joleen', к-63547 'Flynn', к-63541 'Promology', к-63521 'Agassir', к-63020 KS 8010-72), Украины (к-64296 'Zhuravka', к-64322 'Astet', к-64324 'Dykanka') и Украинской ССР (к-45885 'Мироновская Юбилейная'), Венгрии (к-64175 'MV. Palma'), Германии (к-64029 'Mikon', к-64030 'Zentos'), Румынии (к-64192 'Alex') и Чехии (к-63890 'Saskia', к-63894 'Mona'). Среди изученных образцов других зарубежных стран форм с зимостойкостью, равной средней и выше, не выявлено.

Для дальнейшего изучения зимостойкости озимой мягкой пшеницы на основе полученных данных и с учетом разнообразия географического происхождения образцов, с которым связаны различия в условиях зимовки, была сформирована целевая субколлекция. В нее включены: 91 образец со средней и выше степенью зимостойкости в условиях Пушкина; 56 – не перезимовавших; 19 – с очень низкой и 29 – низкой степенью зимостойко-

сти. Образцы были в основном из тех стран, в которых проводится интенсивная селекционная работа по озимой мягкой пшенице, а именно: России, Украины, Германии, Венгрии, Польши, Румынии, Франции, Чехии, США, Канады и Японии. Их включили в целевую субколлекцию для более широкого охвата разных типов устойчивости к неблагоприятным факторам зимовки.

Двухлетнее эколого-географическое изучение целевой субколлекции выявило значительное варьирование образцов по зимостойкости (табл. 1). Наиболее благоприятным для зимовки был сезон 2013/2014 г. в Пушкине, когда все образцы перезимовали, а наименее – 2008/2009 г., пос. Екатеринино, когда большая часть (80,3%) образцов или погибла, или имела очень низкую и низкую степень зимостойкости. В последнем случае на перезимовку образцов, по-видимому, существенно повлияли более ранние сроки сева. Растения пшеницы в течение довольно длительного периода времени росли и развивались при положительных температурах и не

получили хорошей закалки, затем произошел резкий переход к отрицательным температурам и вследствие этого гибель растений многих образцов.

Для ответа на вопрос, была ли выявленная общая изменчивость по зимостойкости случайной или определялась различиями условий выращивания и/или генетическими различиями образцов, использовали полученные данные перезимовки 158 сортов при их эколого-географическом испытании, а также в Пушкине в 2006/2007 г. С помощью рангового дисперсионного анализа Фридмана показано, что достоверное влияние на зимостойкость имели место/год выращивания образцов ($\chi^2_3 = 256,7$; $\chi^2_{0,05} = 9,5$; $df = 4$) и генетические различия между ними ($\chi^2_3 = 239,3$; $\chi^2_{0,05} = 187,2$; $df = 157$). Приблизительное представление об относительной силе влияния названных факторов дает величина коэффициента $\Gamma = \chi^2_3 / \chi^2_{0,05}$ (Zaitsev, 1984). Для первого фактора она составила 27,0, второго – 1,3, т. е. изменчивость по зимостойкости образцов сильнее зависела от условий выращивания, чем от их генетических различий.

С целью изучения структуры субколлекции был проведен кластерный анализ с использованием алгоритма k-средних. Набор из 158 образцов разделили на шесть более однородных групп (кластеров) численностью от 13 до 42 образцов каждый (табл. 2). В кластере 1 объединились образцы, хорошо зимовавшие в обоих пунктах во все годы изучения, а в кластере 6 – образцы с наиболее низкой перезимовкой. В кластеры 2 и 3 вошли образцы, плохо зимовавшие в отдельные годы в обоих пунктах, а в кластеры 4 и 5 – низкозимостойкие или в Пушкине в 2006/2007 г. или в Екатеринино в 2008/2009 г. Другими словами, образцы целевой субколлекции различались по реакции на комплексы факторов зимовки. В таблице 3 приведены квадраты евклидова расстояния между кластерами или выявленными группами образцов. Наиболее близки между собой кластеры 1 и 5, 2 и 6.

Особый интерес представлял кластер 1. В нем объединились отечественные образцы со степенью зимостойкости в основном средней и выше во все годы изучения. В их числе сорт-стандарт 'Мироновская 808' (к-43920) староместные сорта из Владимирской (к-32715, к-36437) и Тюменской (к-36613) областей, константная ржано-пшеничная гибридная линия РПГ 27/36 (к-29466) из Саратовской области, старые селекционные сорта 'Аэлита 84' (к-57322) и 'Стремнина' (к-58321) из Самарской области, 'Белоснежная' (к-57573) и 'Северная зоря' (к-59261) из Ростовской и Омской областей соответственно, а также современные селекционные сорта 'Казанская 84' (к-62431) из Татарстана, 'Арфа' (к-63930) из Ростовской области и 'Безенчукская 616' (к-61278) из Самарской области. Три последних сорта поступили в коллекцию ВИР за период с 1990 по 2006 г.

Результаты лабораторного анализа элементов продуктивности колоса стабильно зимостойких образцов приведены в таблице 4. Согласно полученным данным и в соответствии со шкалами Широкого унифицированного классификатора СЭВ рода *Triticum* L. (Broad unified..., 1989), сорт 'Арфа' можно охарактеризовать как низкорослый (61–80 см), три местных сорта (к-32715, к-36437, к-36613) и старый селекционный сорт 'Белоснежная' – как высокорослые (111–140 см), остальные – как среднерослые (81–110 см); при этом все они имели средний (7–8 см) или большой (9–13 см) колос, но с очень малым (14 шт.), как у 'Северной зари', или малым (15–20 шт.), как у большинства изученных образцов, числом колосков. В отличие от них у сорта-стандarta 'Мироновская 808' был большой колос, число зерен в колосе варьировало от среднего (26–35 шт.) до преимущественно большого (36–55 шт.), масса зерна с колоса в основном была средняя (1,2–1,7 г), а масса 1000 зерен – низкая (31–38 г) или средняя (39–45 г).

Закключение

Реакция растений озимой мягкой пшеницы на неблагоприятные условия зимовки – одна из важнейших ее адаптивных характеристик. Для получения высоких урожаев современные сорта должны быть высоко морозостойкими, эффективно использовать запасы зимней влаги, проявлять устойчивость к возвратным заморозкам после оттепелей и во время стеблевания в мае, длительно отращать весной и противостоять целому ряду патогенов. Успех решения сложной селекционной задачи по объединению в одном генотипе различных комплексов адаптивно важных признаков и, в целом, повышению адаптивного потенциала создаваемых сортов во многом зависит от наличия соответствующего исходного материала. Традиционно в качестве исходного материала селекционные учреждения России широко используют образцы коллекции ВИР (Samofalov, Podgorny, 2014; Sokolenko, Komarov, 2016). В этой связи предварительное (предселекционное) изучение коллекционных образцов и выявление среди них источников, адаптированных к неблагоприятным факторам в период зимовки, остается актуальной исследовательской задачей.

Проведенное нами полевое изучение 915 образцов озимой мягкой пшеницы коллекции ВИР показало, что перезимовали в Пушкине в 2006/2007 г. менее половины образцов набора, преимущественно происхождения из России и бывшего СССР. Среди них – староместные и селекционные сорта, в том числе как ранее выявленные в качестве источников зимостойкости и в наших опытах подтвердившие свои характеристики, так и поступившие в коллекцию ВИР в 1990–2006 гг. По данным учреждений-оригинаторов, выделившиеся в наших опытах селекционные сорта отличаются высокой морозостойкостью и другими адаптивно важными свойствами (Sukhorukov, 2012).

Известно, что в разных эколого-географических условиях на зимостойкость пшеницы влияют разные комплексы абиотических и биотических стрессоров. Чтобы полнее охватить разнообразие мягкой пшеницы по защитным реакциям на эти стрессоры, мы сформировали целевую субколлекцию по зимостойкости, включив в нее образцы из разных стран мира и регионов России. При эколого-географическом изучении субколлекции в Северо-Западном и Центрально-Черноземном регионах показано значительное разнообразие образцов по реакции на условия зимовки, а также влияние на степень их зимостойкости условий выращивания и генетических различий между ними. В течение всех лет испытаний лишь 12 образцов имели средний и выше уровень зимостойкости. Все они происхождением из России и бывшего СССР и представлены как староместными, так и селекционными сортами, что указывает на главные направления дальнейшего поиска генетического разнообразия по зимостойкости. Согласно современным представлениям, адаптация растений пшеницы к одному из наиболее значимых факторов зимовки – холоду (низким положительным температурам и температурам ниже нуля) связана со значительными изменениями метаболических путей и экспрессии большого числа (от сотен до почти трех тысяч) генов, которые контролируют разнообразные защитные реакции (Laudencia-Chingcuanco et al., 2011; Winfield et al., 2010). Идентификация и понимание генетических и молекулярных механизмов защитных реакций – необходимое условие дальнейшего прогресса в повышении адаптационного потенциала озимой мягкой пшеницы путем селекции. Сформированную целевую субколлекцию по зимостойкости целесообразно использовать для решения этой задачи.

Таблица 1. Характеристика целевой субколлекции мягкой пшеницы по зимостойкости**Table 1.** Winter hardiness data on the target bread wheat sub-collection

Место и год посева Growing place and year	Число изученных образцов Number of evaluated accessions	Зимостойкость Winter hardiness			
		средняя ошибка, балл mean error, points	пределы варьирования, балл limits of variation, points	значение моды, балл mode value, points	коэффициент вариации, % variation coefficient, %
Пушкин, 2006/2007	195	3.8±0.2	0–9	0	23.5
Пушкин, 2007/2008	194	4.4±0.1	0–9	5	14.8
Пушкин, 2013/2014	182	6.9±0.1	3–9	7	10.6
Екатери́нино, 2007/2008	167	5.4±0.1	1–9	5	35.0
Екатери́нино, 2008/2009	173	2.0±0.1	0–5	1	14.1

Таблица 2. Зимостойкость групп (кластеров) образцов, выявленных методом к-средних в составе целевой субколлекции**Table 2.** Winter hardiness of accession groups (clusters) revealed by the k-means method in the target sub-collection

Место и год изучения Place and year of study	Кластер 1 n = 37 Cluster 1 n = 37	Кластер 2 n = 29 Cluster 2 n = 29	Кластер 3 n = 17 Cluster 3 n = 17	Кластер 4 n = 13 Cluster 4 n = 13	Кластер 5 n = 42 Cluster 5 n = 42	Кластер 6 n = 20 Cluster 6 n = 20
П-2006/2007	7,7±1,0*	1,4±1,3	0,2±0,3	2,1±1,1	6,5±1,0	1,3±1,3
П-2007/2008	5,3±1,2	5,3±1,1	3,1±0,7	5,3±1,0	5,4±1,3	2,3±1,0
П-2013/2014	6,8±0,8	7,8±1,1	7,2±1,0	6,1±1,0	7,1±1,0	5,8±1,0
Е-2007/2008	6,1±1,2	4,2±1,1	7,8±1,0	6,1±1,3	5,0±1,0	3,9±1,0
Е-2008/2009	4,0±1,0	0,5±0,6	1,1±0,9	4,7±0,5	1,2±0,7	0,7±0,7

Обозначения: П – г. Пушкин, Е – пос. Екатери́нино, n – число образцов;

* – здесь и далее – средняя и стандартное отклонение, балл.

Designations: П – Pushkin, Е – Yekaterinino, n – number of accessions;

* – here and further in the text – mean and standard deviation, points.

Таблица 3. Расстояния между кластерами**Table 3.** Distances between clusters

Номер кластера Cluster number	1	2	3	4	5
2	11,2*				
3	14,7	4,1			
4	6,5	4,9	5,2		
5	2,1	5,4	10,6	6,7	
6	13,6	2,8	3,9	6,2	8,1

* – квадрат евклидоваго расстояния.

* – squared Euclidean distance.

Таблица 4. Характеристика стабильно зимостойких образцов по хозяйственно ценным признакам (г. Пушкин, 2007/2008 г.)
Table 4. Values of the economically important traits of the stable winter-hardy accessions (Pushkin, 2007/2008)

Номер по каталогу ВИР VIR catalogue number	Название образца Name of accession	Происхождение Origin	Длина стебля, см Stem length, cm	Колос Ear				Масса 1000 зерен, г 1000 grain weight, g
				длина, см length, cm	число колосков, шт. spikelets number, pcs.	число зерен, шт. grains number, pcs.	масса зерна, г grain mass, g	
29466	РПГ 27/36	Россия, Саратовская обл.	109.2* 83-125	7.9 5.5-10.5	14.8 12-19	30.6 20-44	1.06 0.59-1.59	35 30-36
32715	-	Россия, Владимирская обл.	113.1 97-128	8.2 6.0-10.5	16.4 12-19	33.0 19-46	1.17 0.6-1.85	35 32-40
36437	-	Россия, Владимирская обл.	127.7 106-140	7.6 5.0-10	16.2 14-18	24.8 12-38	0.83 0.31-1.46	33 14-38
36613	Местная	Россия, Тюменская обл.	122.4 112-134	9.1 6.6-12	17.4 14-21	36.3 22-58	1.26 0.69-2.46	35 31-42
43920	Мироновская 808 ст.	Украина, Киевская обл.	90.6 88-137	9.1 5.0-11.3	21.5 11-23	52.1 26-53	1.66 0.61-1.97	32 24-37
57322	Аэлита 84	Россия, Самарская обл.	98.6 88-110	8.8 7.0-11.5	17.5 15-19	36.2 31-55	1.57 0.97-2.67	43 31-49
57573	Белоснежная	Россия, Ростовская обл.	118.2 108-130	9.7 7.5-11.5	17.4 12-19	38.3 29-48	1.29 0.69-1.68	34 24-35
58321	Стремнина	Россия, Самарская обл.	89.8 83-106	7.5 6.1-8.5	15.3 13-18	36.4 26-42	1.54 0.94-2.04	42 36-48
59261	Северная заря	Россия, Омская обл.	87.2 79-101	7.3 5.8-9.2	14.3 12-19	31.6 22-46	1.49 0.77-2.29	47 35-50
62431	Казанская 84	Россия, Татарстан	101.4 75-112	7.9 5.5-11	16.6 13-20	43.9 32-62	1.78 0.69-2.72	41 22-44
63930	Арфа	Россия, Ростовская обл.	71.1 58-77	7.7 6.0-10.5	16.3 14-19	33.7 21-58	1.44 0.79-2.35	43 38-41
64278	Безенчукская 616	Россия, Самарская обл.	99.8 96-112	8.2 6.0-9.5	16.3 9-20	39.5 18-54	1.66 0.75-2.39	42 42-44

* здесь и далее средняя/minimum-maximum;

* - here and further in the text - mean/minimum-maximum.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

References/Литература

- Barashkova E.A., Novikova M.V., Vinogradova V.V., Alekseyeva E.N., Kiryan M.V., Chikova N.P. Catalogue of the VIR global collection. Issue 375. Winter bread wheat (Winter and frost hardiness of cultivars under various environmental conditions) (Katalog mirovoy kollektsii VIR. Vypusk 375, Ozimaya myagkaya pshenitsa [Zimo-i morozostoykost sortov v raznykh ekologicheskikh usloviyakh]). Leningrad: VIR; 1983. [in Russian] (Барашкова Э.А., Новикова М.В., Виноградова В.В., Алексеева Е.Н., Кирьян М.В., Чикова Н.П. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 375. Озимая мягкая пшеница (Зимо- и морозостойкость сортов в разных экологических условиях). Ленинград: ВИР; 1983).
- Berlyand-Kozhevnikov V.M., Korneev V.A., Novikova M.V. Study of the agrometeorological conditions of winter wheat wintering (Izucheniye agrometeorologicheskikh usloviy perezimovki ozimoy pshenitsy). *Nauchnyye trudy Severo-Zapadnogo NIISKH = Scientific Proceedings of the North-Western Research Institute of Agriculture*. 1976;(37):78-86. [in Russian] (Берлянд-Кожевников В.М., Корнеев В.А., Новикова М.В. Изучение агрометеорологических условий перезимовки озимой пшеницы. *Научные труды Северо-Западного НИИСХ*. 1976;(37):78-86).
- Broad unified COMECON list of descriptors for the genus *Triticum* L. (Shirokiy unifikatsionnyy klassifikator SEV roda *Triticum* L.). Leningrad; 1989. [in Russian] (Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Ленинград; 1989).
- Dyubin V.N., Novikova M.V. Evaluation of the source material for frost resistance in the selection of soft winter wheat. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1985;96:21-27. [in Russian] (Дюбин В.Н., Новикова М.В. Оценка исходного материала на морозостойкость в селекции мягкой озимой пшеницы. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1985;96:21-27).
- Komarov V.I., Nikiforova N.F., Stepanova G.I., Novikova M.V., Gradchaninova O.D., Udachin R.A., Chikova N.P., Cheremisova G.D., Ivashkina R.P. Catalogue of the VIR global collection. Issue 333. Technological and economic-biological properties of winter wheat under the conditions of the Non-Chernozem zone of the RSFSR (Katalog mirovoy kollektsii VIR. Vypusk 333. Tekhnologicheskiye i khozyaystvenno-biologicheskiye svoystva ozimoy pshenitsy v usloviyakh Nechernozemnoy zony RSFSR). Leningrad: VIR; 1982. [in Russian] (Комаров В.И., Никифорова Н.Ф., Степанова Г.И., Новикова М.В., Градчанинова О.Д., Удачин Р.А., Чикова Н.П., Черемисова Г.Д., Ивашкина Р.П. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 333. Технологические и хозяйственно-биологические свойства озимой пшеницы в условиях Нечерноземной зоны РСФСР. Ленинград: ВИР; 1982).
- Konopvalova G.S., Tyryshkin L.G. Methods of working with pure cultures of fungi (Metody raboty s chistymi kulturami gribov). In: *Study of the genetic resources of grain crops for resistance to harmful organisms. Methodological manual (Isuchenie geneticheskikh resursov zernovykh kultur po ustoichivosti k vrednym organizmam. Metodicheskoye posobiye)*. Moscow; 2008. p.106-111 [in Russian] (Коновалова Г.С., Тырышкин Л.Г. Методы работы с чистыми культурами грибов. В кн.: *Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие*. Москва; 2008. С.106-111).
- Laudencia-Chingcuanco D., Ganeshan S., You F., Fowler B., Chibbar R., Anderson O. Genome-wide gene expression analysis supports a developmental model of low temperature tolerance gene regulation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Genomics*. 2011;12:299. DOI: 10.1186/1471-2164-12-299
- Merezhko A.F. (ed.). Replenishment, preservation *in vivo* and study of the world collection of wheat, *Aegilops* and triticale: Methodological guidelines (Popolneniye, sokhraneniye v zhivom vide i izucheniye mirovoy kollektsii pshenitsy, egilopsa i tritikale: Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 1999. [in Russian] (Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилоса и тритикале: Методические указания / под ред. А.Ф. Мережко. Санкт-Петербург: ВИР; 1999).
- Samofalov A.P., Podgorny S.V. The initial material in a winter wheat selection on productivity. *Agrarnyy vestnik Urals = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014;(5):13-16. [in Russian] (Самофалов А.П., Подгорный С.В. Исходный материал в селекции озимой пшеницы на продуктивность. *Аграрный вестник Урала*. 2014;(5):13-16).
- Sokolenko N.I., Komarov N.M. Source material for breeding of winter wheat on productivity and the most important adaptive characters. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30(9):26-29. [in Russian] (Соколенко Н.И., Комаров Н.М. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и важнейшие адаптивные признаки. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(9):26-29).
- Strutsovskaya E.S. The global wheat collection as source material for breeding for winter hardiness (Mirovaya kollektsiya pshenits – iskhodny material dlya selektsii na zimostoykost). In: *Techniques and methods for increasing winter hardiness in winter cereals (Priemy i metody povysheniya zimostoykosti ozimyykh zernovykh kultur)*. Moscow: Kolos; 1968. p.65-70. [in Russian] (Струцовская Е.С. Мировая коллекция пшениц – исходный материал для селекции на зимостойкость. В кн.: *Приемы и методы повышения зимостойкости озимых зерновых культур*. Москва: Колос; 1968. С.65-70).
- Strutsovskaya E.S. Swedish winter wheats. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1969;39(3):172-188. [in Russian] (Струцовская Е.С. Озимые пшеницы Швеции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1969;39(3):172-188).
- Sukhorukov A.F. Results of breeding winter bread wheat in Samara RSIA. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2012;(3):26-28. [in Russian] (Сухоруков А.Ф. Сорта озимой пшеницы Самарского НИИСХ. *Достижения науки и техники АПК*. 2012;(3):26-28).
- Vavilov N.I. Scientific bases for wheat breeding (Nauchnyye osnovy selektsii pshenitsy). Moscow, Leningrad; 1935. [in Russian] (Вавилов Н.И. Научные основы селекции пшеницы. Москва, Ленинград; 1935).
- Winfield M.O., Lu C., Wilson I.D., Coghill J.A., Edwards K.J. Plant responses to cold transcriptome analysis of wheat. *Plant Biotechnology Journal*. 2010;8(7):749-771. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2010.00536.x

Yakovlev N.I. Climate and winter hardiness of winter wheat in the USSR (Klimat i zimostoykost ozimoy pshenitsy v SSSR). Leningrad; 1966. [in Russian] (Яковлев Н.И. Климат и зимостойкость озимой пшеницы в СССР. Ленинград; 1966).

Zaitsev G.N. Mathematical statistics in experimental botany (Matematicheskaya statistika v eksperimentalnoy botanike). Moscow: Nauka; 1984. [in Russian] (Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. Москва: Наука; 1984).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Лысенко Н.С., Лосева В.А., Митрофанова О.П. Зимостойкость мягкой пшеницы коллекции ВИР в условиях Северо-Западного и Центрально-Черноземного регионов России. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):41-49. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-41-49

Lysenko N.S., Loseva V.F., Mitrofanova O.P. Winter hardiness of bread wheat from the VIR collection in environments of the Northwestern and Central Black Soil regions of Russia. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):41-49. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-41-49

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-41-49>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ЯГОД ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-50-58

УДК 634.723.1:581.19 (470.2)

Поступление/Received: 13.03.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

О. А. ТИХОНОВА, Т. В. ШЕЛЕНГА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ o.tikhonova@vir.nw.ru

BIOACTIVE SUBSTANCES OF BLACK CURRANT
BERRIES IN THE CONDITIONS OF
NORTHWESTERN RUSSIA

О. А. TIKHONOVA, T. V. SHELENGA

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

Актуальность. Среди ягодных растений черная смородина занимает одно из лидирующих положений по содержанию питательных и биологически активных веществ, необходимых для сбалансированного питания человека. Современные стандарты, предъявляемые к сортам этой культуры, включают обязательные требования и к качеству плодов, в том числе к их биохимическому составу. Повышенное содержание питательных и биологически активных веществ в ягодах является одним из приоритетных направлений в селекции культуры. Биохимический состав плодов, будучи генетически обусловленным признаком, может изменяться в условиях различных почвенно-климатических зон. В связи с этим изучение уровня накопления биологически активных веществ в плодах в конкретном регионе возделывания сорта является актуальным. **Материалы и методы.** Содержание биологически активных веществ в ягодах черной смородины изучали в 2010–2012 гг. в лаборатории биохимии и молекулярной биологии Всероссийского НИИ генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Уровень накопления Р-активных веществ (флавонолов, фенолкарбоновых кислот, флаванов, антоцианов) определяли согласно методикам, принятым в ВИР. **Результаты и выводы.** Проведенное изучение биологически активных веществ ягод черной смородины показало, что возделываемые в Ленинградской области сорта содержат от 518,1 до 813,6 мг/100 г биофлавоноидов, в том числе: 20,6 мг/100 г флавонолов, 75,4 мг/100 г фенолкарбоновых кислот, 233,8 мг/100 г катехинов и 335,1 мг/100 г антоцианов. В результате изучения выделены сорта – источники высокого (> 700 мг/100 г) общего содержания биофлавоноидов: ‘Воспоминание’ (к-40471), ‘Орловия’ (к-35789), ‘Надия’ (к-42478); повышенного содержания фенолкарбоновых кислот: ‘Орловия’ (к-35789), ‘Сенсей’ (к-42646); катехинов: ‘Воспоминание’ (к-40471), ‘Орловия’ (к-35789), ‘Надия’ (к-42478), ‘Очарование’ (к-41980). Все изученные сорта характеризуются высоким уровнем накопления антоцианов (> 200 мг/100 г) и могут быть использованы в селекции на указанный признак. Самая высокая изменчивость показателей из числа фенольных соединений наблюдалась у оксикоричных кислот. Установлено наличие отрицательных взаимосвязей между массой ягоды и содержанием отдельных биологически активных соединений.

Ключевые слова: флавонолы, катехины, фенолкарбоновые кислоты, антоцианы, Р-активные вещества, сорт.

Background. Black currant occupies one of the leading positions among berry plants in terms of the content of nutrients and bioactive substances that are necessary for a balanced human diet. The modern standards for black currant varieties include mandatory requirements to the quality of fruits, including their biochemical composition. The high content of nutrients and biologically active substances in the berries is one of the priorities in breeding of this crop. The fruit biochemical composition is a genetically determined trait that can vary in different soil and climatic zones. In this regard, the analysis of the degree of bioactive substances accumulation in berries in a particular region of cultivation is relevant. **Materials and methods.** The content of bioactive substances in black currant berries was analyzed in 2010–2012 in the Laboratory of Biochemistry and Molecular Biology of the N.I. Vavilov Institute (VIR). The content of P-active substances (flavonols, phenol carboxylic acids, flavanes, anthocyanins) was determined in accordance with the methodological guidelines accepted at VIR. **Results and discussion.** Black currant varieties cultivated in Leningrad Province contain from 518.1 to 813.6 mg/100 g of bioflavonoids, including 20.6 mg/100 g of flavonols, 75.4 mg/100 g of phenol carboxylic acids, 233.8 mg/100 g of catechins and 335.1 mg/100 g of anthocyanins. As a result of the study, the sources of high total content of bioflavonoids and separate groups of phenolic compounds have been identified and can be used in breeding programs. The sources of high phenol carboxylic acids content are cvs. ‘Orloviya’ (k-35789) and ‘Sensei’ (k-42646); high catechin content is characteristic of cvs. ‘Vospominanie’ (k-40471), ‘Orloviya’ (k-35789), ‘Nadiya’ (k-42478) and ‘Ocharovanie’ (k-41980); while the sources of P-active substances (> 700 mg/100 g) are cvs. ‘Vospominanie’ (k-40471), ‘Orloviya’ (k-35789) and ‘Nadiya’ (k-42478). All the studied varieties are characterized by a high level of anthocyanins accumulation (> 200 mg/100 g) and can be used in breeding for the indicated trait. The highest variability of indicators of phenolic compounds was observed for hydroxycinnamic acids. The existence of negative relationships between the berry mass and the content of individual bioactive compounds was established.

Key words: flavonols, catechins, phenol carboxylic acids, anthocyanins, P-active substances, cultivar.

Введение

Фенольные соединения являются одним из наиболее важных классов биологически активных веществ, широко распространенных в растительном мире. Их относят к веществам «вторичного обмена», однако эта самая обширная группа вторичных соединений отнюдь не «вторична» по значимости (Vysochina, 2004).

Их воздействие на организм человека и животных охватывает целый ряд жизненно важных его функций: обмен веществ, кроветворение, укрепление стенок сосудов, выведение радиоактивных нуклеотидов из организма человека и т. д. (Streltsina et al., 1992, Myasishcheva, Artemova, 2013).

Черная смородина является одним из наиболее ценных и доступных источников высокого содержания витамина С и биологически активных полифенолов (Vigogov, 1976). В списке традиционных ягодных растений эта культура занимает одно из лидирующих положений по содержанию питательных и биологически активных веществ, необходимых для сбалансированного питания человека.

Современные стандарты, предъявляемые к сортам черной смородины, обязательно включают определенные требования и к качеству плодов, в том числе к их биохимическому составу. Эта задача является одной из приоритетных в селекции культуры.

Биохимический состав плодов, будучи генетически обусловленным признаком, может изменяться в условиях различных почвенно-климатических зон. В связи с этим оценка уровня накопления биологически активных веществ в плодах в конкретном регионе возделывания сорта является актуальной.

Задача нашего исследования заключалась в изучении химического состава плодов 9 сортов черной смородины в условиях Северо-Запада России и выделение генотипов с наилучшими биохимическими показателями.

Материал и методика

Изучение содержания биологически активных веществ (флавонолов, фенолкарбоновых кислот, катехинов и антоцианов) в ягодах черной смородины проводили в 2010–2012 гг. в лаборатории биохимии и молеку-

лярной биологии Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Уровень накопления Р-активных веществ (флавонолов, фенолкарбоновых кислот, флаванов, антоцианов) определяли с помощью газо-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией на хроматографе Agilent 6850 (USA) и классическими методами, принятыми в лаборатории биохимии ВИР. Свободные катехины и фенолкарбоновые кислоты определяли с помощью ГЖХ-МС; катехины, проантоцианидины – методом хроматографии на колонках из полиамида; флавонолы, флаванов, фенолкарбоновые кислоты – методом двумерной бумажной хроматографии; антоцианы – спектрофотометрическим методом (Samorodova-Bianki, Streltsina, 1989, Shelenga et al., 2012).

Объектами исследования служили 9 сортов черной смородины из генофонда, сохраняемого на научно-производственной базе (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». В качестве контроля использовали сорт 'Орловия' (К).

Сорта, включенные в изучение с указанием номеров каталога ВИР и названиями учреждений-оригинаторов, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Объекты исследования

Table 1. Objects of study

Название сорта	№ каталога ВИР	Географическое происхождение
Грация	40514	Орел, ВНИИСПК
Орловия (К)	35789	–«–
Орловский вальс	40522	–«–
Очарование	41980	–«–
Воспоминание	40471	Мичуринск, ФНЦ им. И. В. Мичурина
Сенсей	42646	–«–
Краса Львова	42510	Украина, Киев, ИС УААН
Надия	42478	–«–
Stor Klas	42491	Швеция, Bålsård

Результаты и обсуждение

Фенольные соединения являются основной группой биологически активных веществ, обеспечивающих лечебный эффект ягод черной смородины (Bakin et al., 2015). По особенностям химического строения биофлавоноиды подразделяются на несколько классов (Streltsina et al., 2007).

Проведенное нами изучение количественного состава Р-активных веществ в ягодах черной смородины показало, что в условиях Ленинградской области суммарное содержание таковых варьировало в зависимости от сорта в пределах от 518,1 до 813,6 мг/100 г при среднем содержании 671,3 мг/100 г (рис. 1). Только у двух сортов ('Воспоминание', 'Орловия') уровень накопления полифенолов превысил концентрацию 800 мг/100 г. У сорта 'Надия' содержание фенольных соединений оказалось близким к этому значению (табл. 2 и рис. 1).

Распределение биологически активных веществ в плодах изученных сортов черной смородины по классам показано на рисунке 2.

Содержание флавонолов (см. табл. 2; рис. 2,) в ягодах изученных сортов относительно невелико: 16,2 ('Краса

Львова') – 26,2 мг/100 г ('Сенсей'). Уровень накопления этих веществ в значительной степени зависел от влияния погодных условий. Коэффициент вариации признака (V) составил 20,1–45,8%. Лишь у одного сорта – 'Орловский вальс' – отмечена средняя вариабельность данного параметра (19,9%).

Из числа фенольных соединений, изученных нами, одной из преобладающих является группа флаванов, представленных мономерными (свободными) катехинами, полимерными (конденсированными) катехинами и проантоцианидинами – веществами, обладающими наибольшей Р-витаминной активностью.

Согласно полученным данным, суммарное содержание флаванов составило в среднем 233,8 мг/100 г при диапазоне изменчивости от 151,5 ('Грация') до 340,9 мг/100 г ('Воспоминание'), что свидетельствует о соответствии изученных сортов селекционному заданию по указанному признаку. Самым высоким общим содержанием соединений данного класса (305,3–341,4 мг/100 г) характеризовались сорта 'Воспоминание', 'Надия' и 'Орловия' (К) (рис. 3).

В группе флаванов преобладали проантоцианидины (см. рис. 3). Содержание их составило в среднем 98,9 мг/100 г и варьировало в зависимости от сорта от

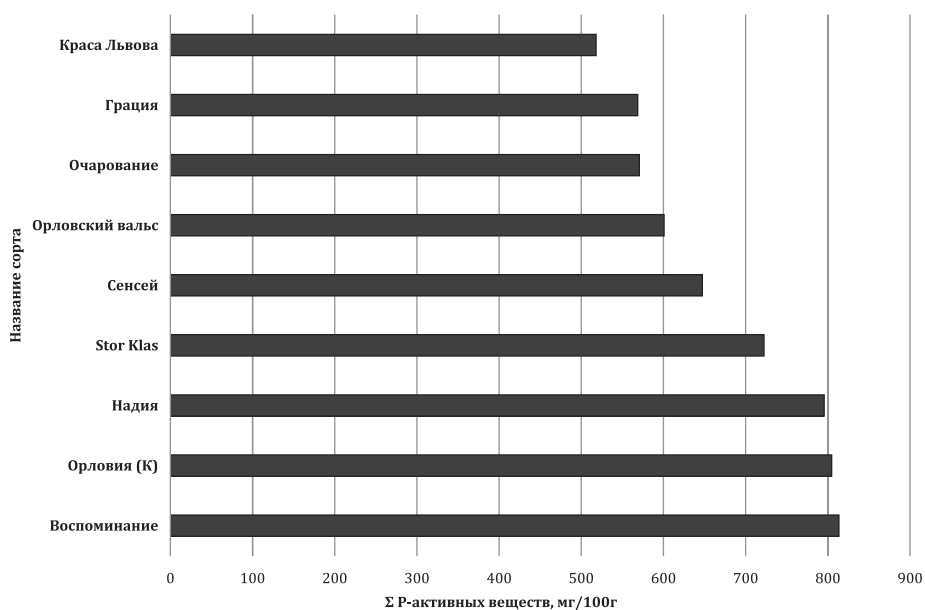


Рис. 1. Суммарное содержание полифенолов в ягодах черной смородины (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2010–2012 гг.)

Fig. 1. Total polyphenols in black currant berries (Pavlovsk and Pushkin Laboratories, 2010–2012)

Таблица 2. Содержание Р-активных веществ в ягодах черной смородины (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2010–2012 гг.)

Table 2. P-active substances in black currant berries (Pavlovsk and Pushkin Laboratories, 2010–2012)

Сорт	Флавонолы, мг/100 г	Σ ФКК, мг/100г	Катехины, мг/100 г			Антоцианы, мг/100 г	Σ Р-активных веществ, мг/100 г
			свободные	проантоцианидины	конденсированные		
Воспоминание	<u>21,2</u> 13,2–27,3	<u>88,2</u> 49,8–125,4	<u>69,3</u> 40,0–110,0	<u>168,0</u> 122,0–240,0	<u>103,6</u> 89,0–120,0	<u>363,3</u> 360–370	<u>813,6</u> 624,4–892,1
Орловия (К)	<u>19,0</u> 12,8–24,1	<u>106,3</u> 70,6–144,6	<u>61,9</u> 23,9–125,2	<u>133,2</u> 57,5–232,0	<u>110,3</u> 70,0–161,0	<u>374,0</u> 320–401	<u>804,7</u> 484,6–972,0
Надия	<u>24,9</u> 20,4–29,4	<u>74,4</u> 57,6–91,1	<u>65,1</u> 56,5–73,7	<u>134,2</u> 122,3–146,1	<u>106,0</u> 102,0–110,0	<u>391,0</u> 390–392	<u>795,6</u> 691,5–778,2
Stor Klas*	18,0	62,2	40,2	102,0	122,0	378,0	722,4
Сенсей	<u>26,2</u> 16,2–36,2	<u>112,3</u> 69,0–164,2	<u>35,1</u> 30,8–40,6	<u>78,6</u> 67,6–87,6	<u>78,8</u> 72,1–82,1	<u>316,3</u> 309–320	<u>647,3</u> 496,0–596,3
Орловский вальс	<u>21,1</u> 18,1–24,1	<u>90,5</u> 64,9–115,7	<u>42,8</u> 30,2–55,3	<u>66,3</u> 66,0–66,5	<u>60,1</u> 60,0–60,2	<u>320,0</u> 319–321	<u>600,8</u> 494,6–552,9
Очарование	<u>17,7</u> 10,4–26,4	<u>39,7</u> 21,6–61,9	<u>34,5</u> 27,7–47,7	<u>91,4</u> 46,2–119	<u>75,4</u> 70,0–80,1	<u>312,0</u> 306–320	<u>570,7</u> 460,6–607,1
Грация	<u>21,4</u> 18,3–21,4	<u>89,8</u> 72,2–107,5	<u>27,8</u> 27,3–28,2	<u>52,5</u> 49,4–55,5	<u>71,2</u> 70,2–72,2	<u>306,0</u> 302–310	<u>568,7</u> 467,8–513,4
Краса Львова	<u>16,2</u> 11,2–21,2	<u>73,4</u> 64,3–82,5	<u>52,4</u> 27,1–77,7	<u>64,1</u> 41,4–86,8	<u>57,0</u> 52,0–62,0	<u>255,0</u> 250–260	<u>518,1</u> 382,1–533,2
Среднее	20,6	75,4	47,7	98,9	87,2	335,1	671,3

* – однолетние данные

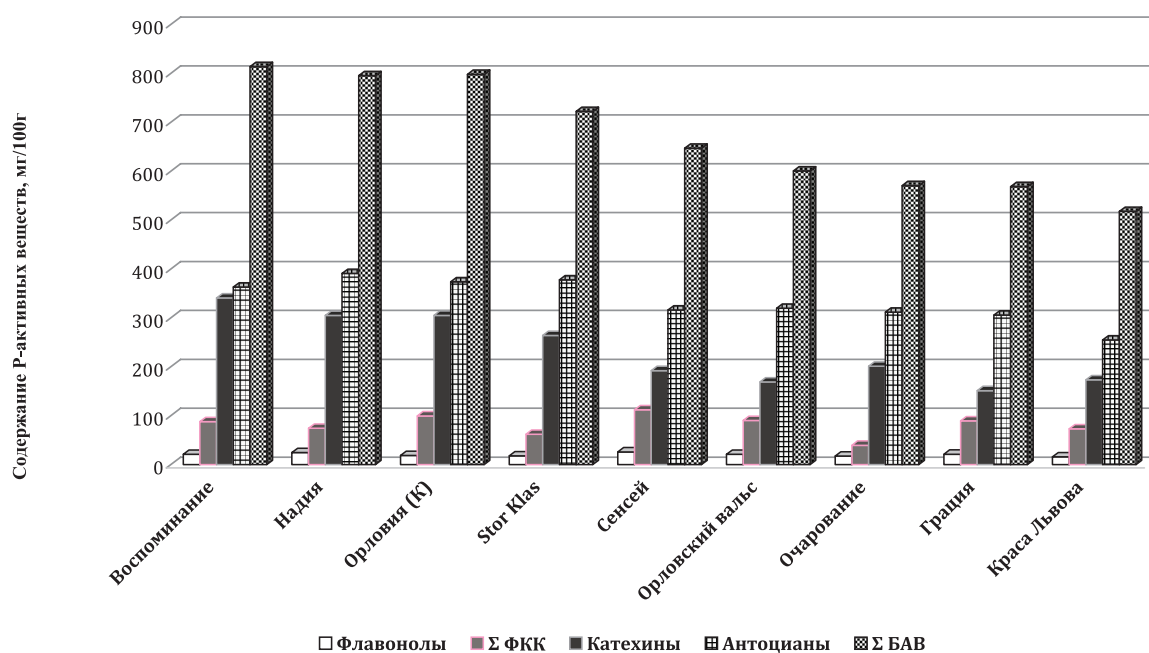


Рис. 2. Содержание Р-активных веществ в ягодах черной смородины (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2010–2012 гг.)

Fig. 2. P-active substances in black currant berries (Pavlovsk and Pushkin Laboratories, 2010–2012)

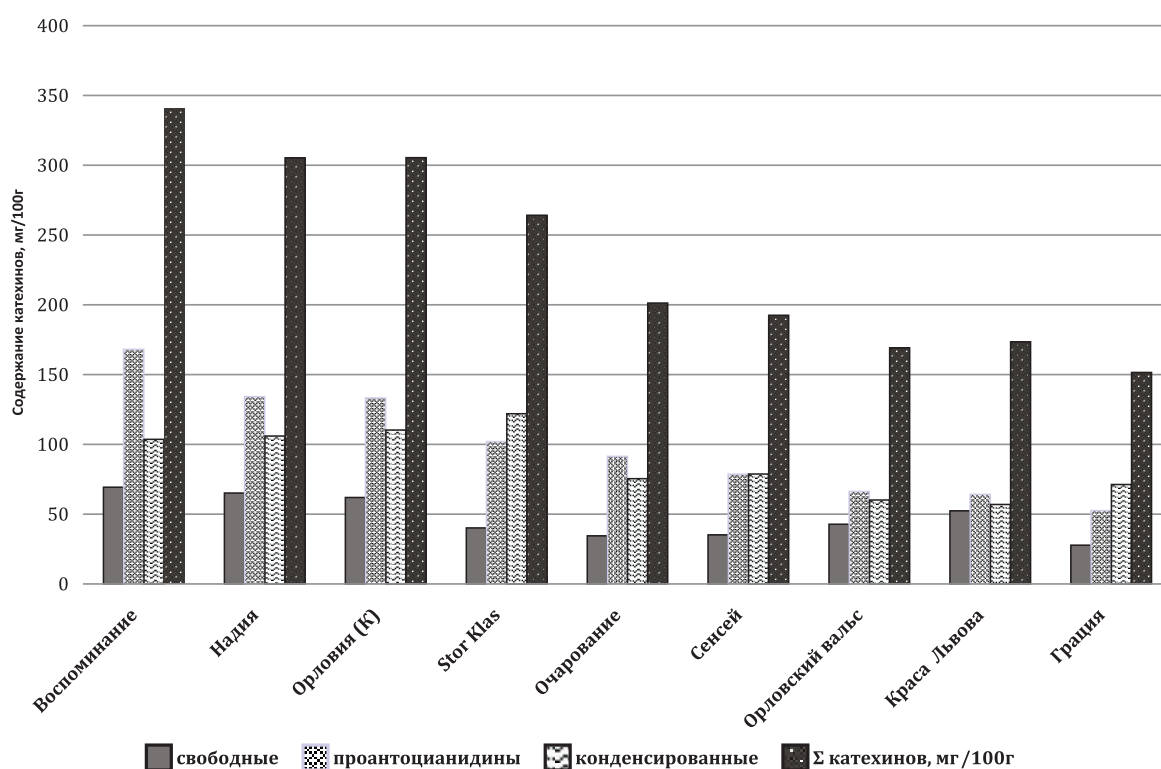


Рис. 3. Содержание флаванов в ягодах черной смородины (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2010–2012 гг.)

Fig. 3. Flavanones in black currant berries (Pavlovsk and Pushkin Laboratories, 2010–2012)

52,5 ('Грация') до 168 мг/100 г ('Воспоминание'). Уровень их накопления в основном носил стабильный характер. Коэффициент вариации признака (V) составил 0,53 ('Орловский вальс') – 7,4% ('Сенсей'). У двух сортов ('Воспоминание' и 'Краса Львова') варибельность была значительной – 37,6 и 50,1% соответственно.

Содержание конденсированных катехинов также было достаточно высоким (см. рис. 3). Уровень накопления их составил в среднем 87,2 мг/100 г и варьировал в зависимости от генотипа от 57,0 ('Краса Львова') до 110,3 мг/100 г ('Орловия'). Накопление указанных веществ имело более стабильный характер. Коэффициент вариации признака был незначительным: $V = 0,23$ ('Орловский вальс') – 7,4% ('Сенсей'), или носил умеренный характер: $V = 12,5$ ('Краса Львова') – 15% ('Воспоминание').

В группе флаванов наименьшей степенью аккумуляции характеризовались свободные катехины, уровень накопления которых составил в среднем 47,7 мг/100 г и находился в пределах 27,8 ('Грация') – 69,3 мг/100 г ('Воспоминание'). Варибельность признака при этом была значительной. Коэффициент вариации (V) в зависимости от сорта составил 33,3 ('Очарование') – 68,3% ('Краса Львова'). Сорта 'Сенсей' и 'Надия' характеризовались средней степенью изменчивости признака ($V = 14,3$ и 18,7%) соответственно. Лишь сорт 'Грация' имел стабильные значения показателя ($V = 2,3\%$) при низком содержании мономерных катехинов.

Важным классом фенольных соединений являются антоцианы – широко распространенные в природе водорастворимые растительные пигменты, придающие окраску различным плодам, овощам и цветам. Они представляют одну из групп флавоноидов, которые не только обеспечивают многообразие окраски, но и повышают стрессоустойчивость растений к факторам среды. Поступая в организм человека с фруктами и овощами, они нормализуют состояние кровяного давления и сосудов. Образую комплексы с радиоактивными элементами, антоцианы способствуют быстрому выведению их из организма. В настоящее время доказана их выраженная антиоксидантная способность, более эффективная по сравнению с витаминами С и Р (Butenko, Podgornaya, 2016). Помимо вышесказанного, соединения этого класса обладают антибактериальными и антиканцерогенными свойствами. Обнаружено благоприятное воздействие антоцианов черной смородины на состояние зрительного аппарата человека (Petrova, Kuznetsova, 2014).

Синтез антоцианов в плодах начинается в середине – конце июня, что сопровождается переходом окраски плодов из зеленой в бурую и далее в черную. Содержание их стабильно растет до середины – конца июля, а затем идет на снижение (Shaposhnik, 2011).

По полученным нами данным, все изученные сорта характеризовались высоким содержанием антоцианов (более 200 мг/100 г). Больших сортовых различий по содержанию веществ данной группы не выявлено. Среднее содержание антоцианов в плодах составило 335,1 мг/100 г при диапазоне изменчивости в зависимости от образца 255,0–391,0 мг/100 г (см. табл. 2). В ягодах контрольного сорта 'Орловия' уровень накопления указанных веществ был высоким – 374,0 мг/100 г. Содержание антоцианов выше контрольного уровня наблюдалось лишь у двух сортов ('Надия' и 'Stor Klas'; см. табл. 2). При этом изменчивость признака (V) была невысокой и составила в среднем по всем сортам 1,82% с размахом изменчивости от 0,36 ('Надия') до 2,8% ('Краса Львова').

Изучение качественного состава фенолкарбоновых кислот (ФКК) в ягодах показало наличие в них 12 сое-

динений данного класса (5 оксикоричных, 5 оксibenзойных, хинная и шикимовая кислоты).

Известно, что минорные компоненты оксикоричных кислот могут обладать высокой биологической активностью даже при невысокой концентрации (Streltsina et al., 2007).

Несмотря на то что биологическая активность соединений данного класса изучена недостаточно, установлено выраженное желчегонное действие для феруловой, кофейной, хлорогеновой кислот; туберкулоstaticкое действие для пара-кумаровой; сильные антибактериальные свойства для кофейной. Феруловая кислота обладает широким спектром фармакологических свойств, обусловленных в основном ее антиоксидантной активностью. Галловая кислота применяется в составе противоопухолевых средств, антипаразитарных препаратов, обладает кардио-, гепатопротекторным и антиоксидантным действием (Dyakov et al., 2005).

Качественный и количественный состав фенолкарбоновых кислот в ягодах изученных сортов приведен на рисунке 4. При исследовании количественного состава ФКК выявлено, что их содержание варьирует в зависимости от сорта от 39,7 ('Очарование') до 112,3 мг/100 г ('Сенсей') при среднем значении 75,4 мг/100 г (см. табл. 2).

В наибольших количествах в ягодах изученных сортов были представлены хинная (6,5–26,8 мг/100 г), протокатеховая (7,4–37,5 мг/100 г), пара-кумаровая (10,0–36,6 мг/100 г) и неохлорогеновая (8,1–19,2 мг/100 г) кислоты.

Содержание хлорогеновой, бензойной и гидроксиксibenзойной кислот составило 5,0–9,08 и 0,69–6,6 мг/100 г соответственно. В незначительных количествах в ягодах присутствовали производные кофейной кислоты (0,43–5,3 мг/100 г), галловая (0,32–2,86 мг/100 г) и салициловая (0,2–1,43 мг/100 г) кислоты. В ягодах трех сортов ('Сенсей', 'Краса Львова' и 'Stor Klas') найдена шикимовая кислота в количествах 7,8; 19,2 и 4,5 мг/100 г, соответственно. В плодах сорта 'Грация' присутствовала феруловая кислота (0,55 мг/100 г).

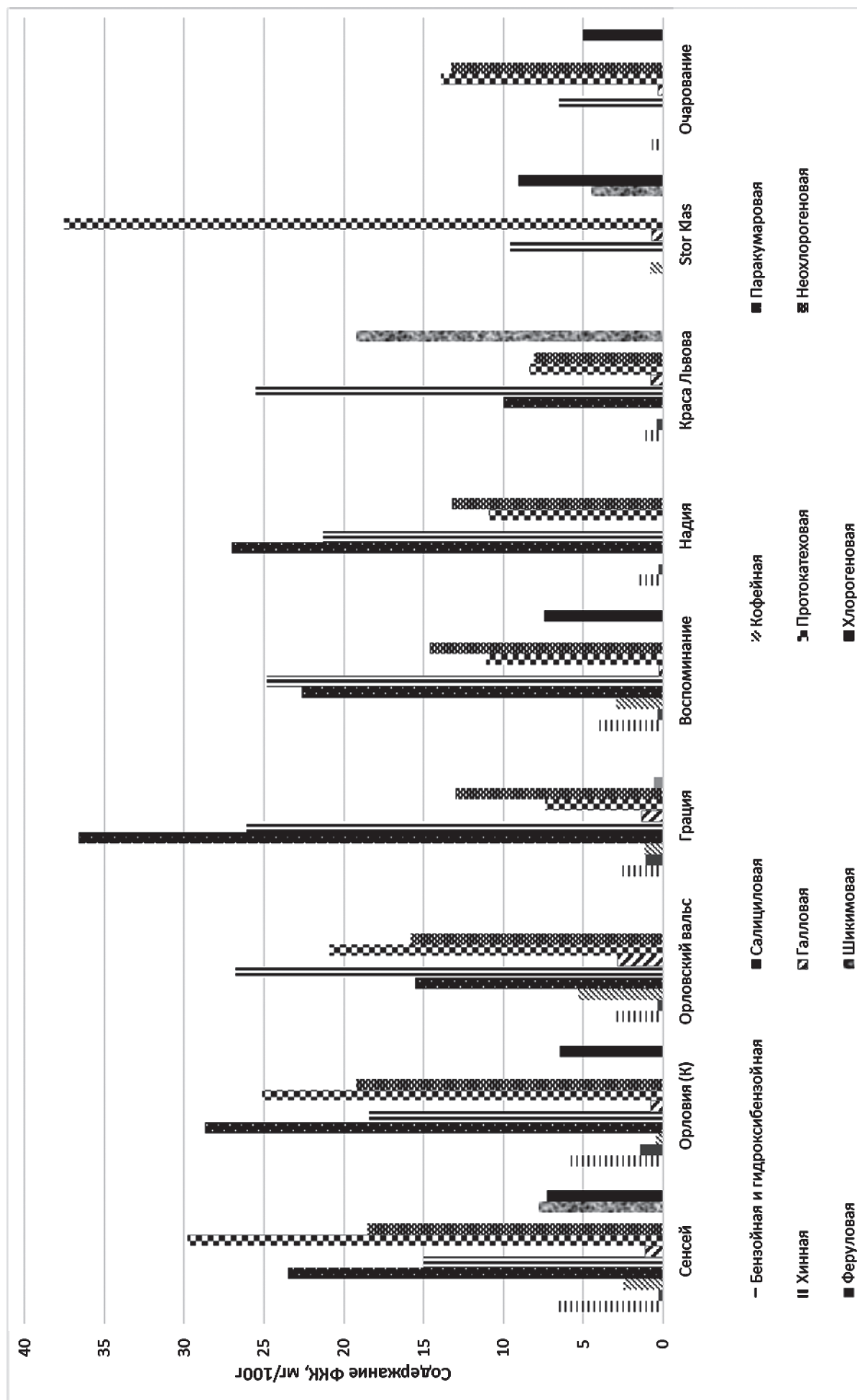
Анализ полученных данных показал, что среди изученных фенольных соединений уровень накопления оксикоричных кислот характеризовался самой высокой степенью изменчивости. Коэффициент вариации для данной группы составил в среднем 76,9%, а диапазон изменчивости – от 34,4 (салициловая кислота) до 124,3% (бензойная и гидроксibenзойная кислоты).

Проведенные нами исследования позволили установить наличие отрицательных взаимосвязей массы ягоды черной смородины с содержанием отдельных биологически активных соединений (рис. 5).

Положительная корреляция существует между содержанием флавонолов и уровнем накопления ФКК ($r = 0,59$). Полученные данные согласуются с мнением других исследователей (Krüger et al., 2011; Viskelis et al., 2012).

Уровень накопления фенольных соединений в ягодах, являясь генетически обусловленным признаком, зависит от степени зрелости сорта и почвенно-климатических условий местности, в которых он возделывается. Так, по данным I. Oshman et al. (2014), на северо-западе Польши, на экспериментальной станции Ostoja, содержание фенольных соединений в ягодах черной смородины варьирует от 227 до 789 мг/100 г. Самое высокое содержание полифенолов (789 мг/100 г) отмечено в плодах шотландского сорта 'Ben Alder', а самый низкий уровень указанных веществ (227–266 мг/100 г) – в ягодах сортов 'Ben Connan', 'Tiben' и 'Ores'. Сорта 'Санюта', 'Сюита Киевская', 'Софиевская', 'Вернисаж'

Рис. 4. Содержание фенолкарбоновых кислот (ФКК) в ягодах черной смородины (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2010–2012 гг.)
Fig. 4. Phenol carbonic acids in black currant berries (Pavlovsk and Pushkin Laboratories, 2010–2012)



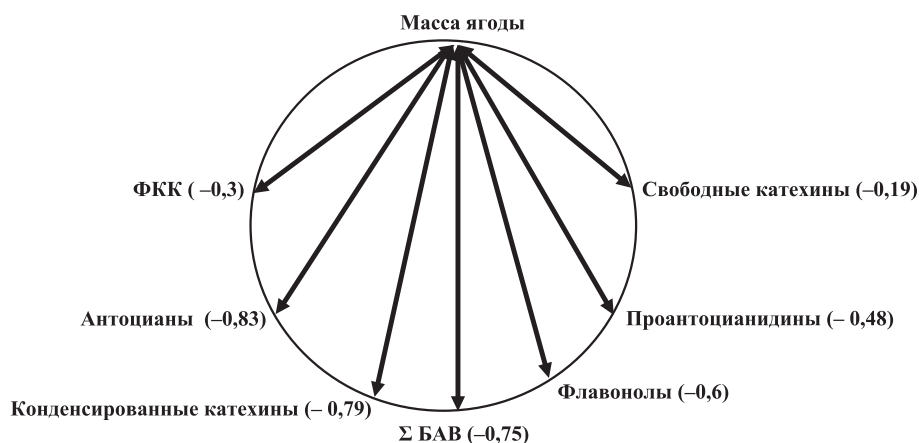


Рис. 5. Корреляции между массой ягоды и отдельными классами фенольных соединений

Fig. 5. Correlations between the berry weight and individual classes of phenolic compounds

и 'Юбилейная Копаня' содержали от 305 до 589 мг/100 г фенольных соединений.

Е. Крюгером, Н. Дитрихом и др. (Kruger et al., 2011) в Германии (Geisenheim Research Station) был изучен химический состав ягод 23 сортов черной смородины. Авторами выявлено, что суммарное содержание фенолов в ягодах изученных сортов составило 372,6–776,5 мг/100 г. Высокий уровень накопления полифенолов (600–700 мг/100 г) был свойственен сортам 'Ben Tron', 'Triton', 'Tiben', 'Omota' и 'Ben Lomond'.

В Сербии, по данным S. Paunović et al. (2017), общее содержание антоцианов варьировало от 207,5 до 372,9 мг/100 г; в Латвии самое высокое накопление антоцианов (229,17 мг/100 г) отмечено в плодах сорта 'Вернисаж' (Seglina et al., 2008).

В Литовском институте плодоводства при изучении динамики накопления БАВ в плодах 9 сортов смородины установлено, что высокое содержание антоцианов наблюдалось в ягодах сортов, созревающих в поздние сроки, причем самые высокие показатели установлены для перезревших плодов сортов 'Ben Alder', 'Vakarai' и 'Ben Tirran' (Rubinskiene et al., 2005).

Работами P. Viskelis и др. (Viskelis et al., 2012) при исследовании 32 сортов черной смородины в агроклиматических условиях Литвы показано, что содержание полифенолов варьирует в зависимости от генотипа от 400 до 900 мг/100 г. У 50% изученных сортов уровень накопления указанных веществ составил 600–700 мг/100 г. Селекционному заданию по содержанию фенольных соединений (> 700 мг/100 г) в ягодах отвечают семь сортов ('Ben Nevis', 'Gagatai', 'Joninai', 'Поэзия' и др.). Высокое содержание полифенолов (800–900 мг/100 г) было характерно для сортов 'Ben More', 'Ben Tron' и 'Ben Hope'. Ягоды сортов 'Ben Tirran' и 'Tiben' аккумулировали свыше 900 мг/100 г указанных веществ.

В Беларуси, по данным Т. С. Ширко и И. И. Ярошевича (Shirko, Yaroshevich, 1991), ягоды черной смородины содержат от 510 до 950 мг/100 г.

В условиях Краснодарского края суммарное содержание полифенолов в ягодах варьирует от 480,6 ('Севчанка') до 777,9 мг/100 г ('Муравушка'); содержание антоцианов – от 184,2 до 500 мг/100 г (Prichko et al., 2017).

В Белгородской области самое высокое содержание антоцианов было найдено у представителей *R. americana* Mill. (480,1 мг/100 г) и *R. aureum* L. (438,8 мг/100 г); самое низкое (14,6 мг/100 г) – в плодах *R. alpinum* L. (Shaposhnik, 2009).

Таким образом, самое высокое количество биофлавоноидов в ягодах черной смородины наблюдается

в почвенно-климатических условиях Литвы, где повышенный уровень накопления указанных веществ (700–900 мг/100 г) отмечен у большинства изученных сортов. Высоким содержанием полифенолов характеризуется ряд сортов, возделываемых в Беларуси. Диапазоны изменчивости количественных показателей фенольных соединений в сортах, культивируемых на опытных станциях Польши и Германии, не имеют значимых отличий.

Количественный состав фенольных соединений в плодах одного и того же сорта может существенно различаться в зависимости от эколого-географических условий местности, в которых он выращивается. Так, в ягодах сорта 'Tiben' самый высокий уровень накопления фенольных соединений отмечен в Литве (более 900 мг/100 г); умеренный – в Германии (647,5 мг/100 г). В Польше, напротив, этому сорту присуще очень низкое (242 мг/100 г) содержание указанных веществ.

В нашем исследовании сорта 'Орловский вальс' и 'Грация' характеризовались несколько меньшим уровнем аккумуляции фенольных соединений (600,8 и 568,7 мг/100 г соответственно) по сравнению с почвенно-климатическими условиями Центрального Черноземья, где они, по данным Т. В. Янчук (Yanchuk, 2013), накапливают более 700 мг/100 г указанных веществ. Отсутствие в литературе сведений о содержании полифенолов в ягодах других сортов, изученных нами, не позволяет провести сравнительный анализ и сделать выводы о большем или меньшем уровне накопления этих соединений по сравнению с другими регионами, но если судить по среднесортному содержанию указанных веществ, то можно заключить, что сорта, возделываемые в условиях Северо-Запада России, характеризуются средним уровнем накопления биофлавоноидов, а ряд сортов отвечает селекционному заданию как по суммарному содержанию фенольных соединений, так и по отдельным их классам (катехины, антоцианы).

Заключение

Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины показало, что возделываемые в Ленинградской области сорта содержат от 518,1 до 813,6 мг/100 г биофлавоноидов, в том числе 20,6 мг/100 г флавонолов, 75,4 мг/100 г фенолкарбоновых кислот, 233,8 мг/100 г катехинов и 335,1 мг/100 г антоцианов.

На основании проведенного изучения выделены сорта со стабильно высоким уровнем накопления как отдельных групп фенольных соединений, так и их суммарного содержания, которые могут быть использованы в селекционных программах в качестве источников хозяйственно ценных признаков:

- повышенного содержания фенолкарбоновых кислот – ‘Орловия’ (к-35789), ‘Сенсей’ (к-42646);
- высокого содержания катехинов – ‘Воспоминание’ (к-40471), ‘Орловия’ (к-35789), ‘Надия’ (к-42478), ‘Очарование’ (к-41980);
- высокого суммарного содержания Р-активных веществ (> 700 мг/100 г) – ‘Воспоминание’ (к-40471), ‘Орловия’ (к-35789), ‘Надия’ (к-42478).

Все изученные сорта характеризуются высоким уровнем накопления антоцианов (> 200 мг/100 г) и могут быть использованы в селекции на этот признак.

Самой высокой изменчивостью среди изученных групп фенольных соединений характеризовался уровень аккумуляции оксикоричных кислот.

Установлено наличие отрицательных взаимосвязей между массой ягоды и содержанием отдельных биологически активных соединений.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

References/Литература

- Bakin I.A., Mustafina A.S., Lunin P.N. The study of the black currant berry chemical composition in the processing (Izuchenie khimicheskogo sostava yagod chernoy smorodiny v protsesse pererabotki). *Vestnik KrasGAU = Bulletin of Krasnoyarsk State Agricultural University*. 2015;(6):159-162. [in Russian] (Бакин И. А., Мустафина А. С., Лунин П. Н. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки. *Вестник КрасГАУ*. 2015;(6):159-162).
- Butenko L.I., Podgornaya Zh.V. Studies of the anthocyanin complex of berries that underwent cryoprocessing (Issledovaniya antotsianovogo kompleksa yagod, proshedshikh kriobrabotku). *Uspekhi sovremennoy yestestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*. 2016;(11):14-17. [in Russian] (Бутенко Л. И., Подгорная Ж. В. Исследования антоцианового комплекса ягод, прошедших криообработку. *Успехи современного естествознания*. 2016;(11):14-17).
- Dyakov A.A., Perfilova V.N., Tyurenkov I.N. Antiarrhythmic action of ferulic acid (Antiaritmicheskoye deystviye ferulovoy kisloty). *Vestnik aritmologii = Arrhythmology Bulletin*. 2005;(39):49-52. [in Russian] (Дьяков А. А., Перфилова В. Н., Тюренов И. Н. Противоаритмическое действие феруловой кислоты. *Вестник аритмологии*. 2005;(39):49-52).
- Krüger E., Dietrich H., Hey M., Patz C.-Det. Effects of cultivar, yield, berry weight, temperature and ripening stage on bioactive compounds of black currants. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2011;(84):40-46.
- Myasishcheva N.V., Artemova E.N. Biologically active substances of black currant berries of new varieties (Biologicheski aktivnye veshchestva yagod chernoy smorodiny novykh sortov). *Voprosy pitaniya = Nutrition Issues*. 2013;(5):68-71. [in Russian] (Мясищев Н. В., Артемова Е. Н. Биологически активные вещества ягод черной смородины новых сортов. *Вопросы питания*. 2013;(5):68-71).
- Ochmian I., Dobrowolska A., Chełpiński P. Physical parameters and chemical composition of fourteen blackcurrant cultivars (*Ribes nigrum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agroboticae*. 2014;42(1):160-167.
- Paunović S. M., Maskovic P., Nicolich M., Miletic R. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system. *Scientia Horticulturae*. 2017;222:69-75. DOI: 10.1016/j.scientia.2017.05.015
- Petrova S.N., Kuznetsova A.A. Composition of fruit and leaves of black currant *Ribes nigrum* (review) (Sostav plodov i listyev smorodiny chernoy *Ribes nigrum* [obzor]). *Khimiya rastitelnogo syrya = Chemistry of Raw Plant Materials*. 2014;(4):43-50. [in Russian] (Петрова С. Н., Кузнецова А. А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes nigrum* (обзор). *Химия растительного сырья*. 2014;4:43-50).
- Prichko T.G., Yakovenko V.V., Germanova M.G. Biochemical indicators of currant berries' quality according to variety peculiarities (Biokhimicheskiye pokazateli kachestva yagod smorodiny s uchetom sortovykh osobennostey). *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2017;45(3):1-9. [in Russian] (Причко Т. Г., Яковенко В. В., Германова М. Г. Биохимические показатели качества ягод черной смородины с учетом сортовых особенностей. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2017;45(3):1-9). URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/17/03/09.pdf> [дата обращения: 02.06.2019].
- Rubinskiene M., Viskelis P., Jasutiene I., Duchovskis P., Bobinas C. Changes in biologically active constituents during ripening in black currants. *Ornam. Plant. Res.* 2006;14 Suppl 2:237-246.
- Samorodova-Bianki G.B., Streltsina S.A. Research on biologically active substances in fruits. Guidelines (Issledovaniye biologicheski aktivnykh veshchestv plodov. Metodicheskiye ukazaniya). Leningrad: VIR; 1989. [in Russian] (Самородова-Бианки Г. Б., Стрельцина С. А. Исследование биологически активных веществ плодов. Методические указания. Ленинград: ВИР; 1989).
- Seglina D., Krasnova I., Ruisa S., Strautina S., Heidemane G. Research on antioxidant activity of berries grown in Latvia. *Proceedings of International Scientific Conference "Sustainable Fruit Growing: From Plant to Product"*; 2008 May 28-31; Jurmala-Dobele, Latvia. Dobele: Latvia State Institute of Fruit-Growing; 2008. p.265-272.
- Shaposhnik E.I., Deineka L.A., Sorokopudov V.N., Deineka V.I., Burmenko YU. V., Kartushinskiy V.V., Tregubov A.V. Biologically active substances of *Ribes* L. fruits. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser.: Natural Sciences*. 2011;9(15-2):239-249. [in Russian] (Шапошник Е. И., Дейнека Л. А., Сорокапудов В. Н., Дейнека В. И., Бурменко Ю. В., Картушинский В. В., Трегубов А. В. Биологически активные вещества плодов *Ribes* L. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки*. 2011;9(15-2):239-249).
- Shelenga T.V., Streltsina S.A., Sorokin A.A., Shavarda A.L., Firsov G.A., Vasilyev I.P., Volchanskaya A.V. Biochemical characteristics of "red-fruited" viburnum accessions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding* 2012;170:216-221. [in Russian] (Шеленга Т. В., Стрельцина С. А., Сорокин А. А., Шаварда А. Л., Фирсов Г. А., Васильев И. П., Волчанская А. В. Биохимическая характеристика плодов красноплодной калины (*Viburnum* L.). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2012;170:216-221).
- Shirko T.S., Yaroshevich I.V. Biochemistry and fruit quality (Biohimiya i kachestvo plodov). In: *Fruit growing*

- (*Plodovodstvo*). Minsk; 1991. p.158-180 [in Russian] (Ширко Т.С., Ярошевич И.В. Биохимия и качество плодов. В кн.: *Плодоводство*. Минск; 1991. С.158-180).
- Streletsina S.A., Plekhanova M.N., Tikhonova O.A., Sabitov A. Sh., Arsenyeva T.V., Pupkova N.A. Comparative assessment of wild small-fruit species according to the composition and content of bioactive phenol compounds. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 2007;161:157-164. [in Russian] (Стрельцина С.А., Плеханова М.Н., Тихонова О.А., Сабитов А.Ш., Арсеньева Т.В., Пупкова Н.А. Сравнительная оценка дикорастущих видов ягодных культур по составу и содержанию биологически активных фенольных соединений. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2007;161:157-164).
- Streletsina S.A., Sabitov A.Sh., Samorodova-Bianki G.B. Phenolic compounds of the berries of some types of currants (*Ribes* L.) (Fenolnye soedineniya yagod nekotorykh vidov smorodiny [*Ribes* L.]). *Nauchno-tekhnichesky byulleten VIR = Scientific and Technical Bulletin of VIR*. 1992;(221):64-67. [in Russian] (Стрельцина С.А., Сабитов А.Ш., Самородова-Бианки Г.Б. Фенольные соединения ягод некоторых видов смородины (род *Ribes* L.) *Научно-технический бюллетень ВИР*. 1992;(221):64-67).
- Vigorov L.I. Medicinal crops garden (Sad lechebnykh kultur). Sverdlovsk; 1976. [in Russian]. (Вигоров Л. И. Сад лечебных культур. Свердловск; 1976).
- Viskelis P., Bobinaite R., Rubinskiene M., Sasnauskas A., Lanauskas J. Chemical composition and antioxidant activity of small fruits. In: A.I.L. Maldonado (ed.). *Horticulture*. InTech: 2012. p.75-102. DOI: 10.5772/35723
- Vysochina G.I. Phenolic compounds in the systematics and phylogeny of the family Polygonaceae (Fenolnye soyedineniya v sistematike i filogenii semeystva Polygonaceae). Novosibirsk: Nauka; 2004. [in Russian] (Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства Гречишных. Новосибирск: Наука; 2004).
- Yanchuk T.V. Assessment of black currant gene pool for ascorbic acid and phenolic contents in berries. *Contemporary Horticulture*. 2013;(4):1-10. [in Russian] (Янчук Т.В. Оценка генофонда смородины черной по содержанию аскорбиновой кислоты и фенольных соединений в ягодах. *Современное садоводство*. 2013;(4):1-10). URL: <http://journal.vniisprk.ru> [дата обращения: 18.01.2019].

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Тихонова О.А., Шеленга Т.В. Биологически активные вещества ягод черной смородины в условиях Северо-Запада России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(3):50-58. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-50-58

Tikhonova O.A., Shelenga T.V. Bioactive substances of black currant berries in the conditions of Northwestern Russia. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):50-58. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-50-58

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-50-58>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ДИКОРАСТУЩИЕ ВИДЫ ВИШЕН КАВКАЗА, ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-59-62

УДК 634.24:631.527(479+575+571.6)

Поступление/Received: 06.05.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

WILD SOUR CHERRY SPECIES OF THE CAUCASUS,
CENTRAL ASIA AND THE FAR EAST
AND THEIR USE IN BREEDING

А. А. ЮШЕВ, С. Ю. ОРЛОВА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ a.yushev@vir.nw.ru, s.orlova@vir.nw.ru

А. А. YUSHEV, S. YU. ORLOVA

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia;
✉ a.yushev@vir.nw.ru, s.orlova@vir.nw.ru

Экспедиционная деятельность сотрудников ВИР и его опытных станций в значительной степени обогатила генотипический фонд косточковых плодовых растений ценнейшим растительным материалом для использования в селекционной работе. Дикорастущие вишни Кавказа, Центральной Азии и Дальнего Востока, интродуцированные в 70–80-х годах прошлого столетия, обладающие такими ценными признаками, как иммунитет к грибным заболеваниям (*Coccomyces hiemalis* Higg.), зимостойкость, засухоустойчивость, сдержанный рост, способность к вегетативному размножению, были в дальнейшем использованы селекционерами опытных учреждений России в выведении новых сортов и клоновых подвоев для выращивания вишни в различных эколого-географических зонах страны. Изучение собранных в естественных условиях образцов вишни помогло в ряде случаев уточнить полиморфизм, таксономические различия, число разновидностей видов вишни (*Cerasus* sp.), микровишни простертой (*Microcerasus prostrata* (Labill.) Roem.), микровишни седой (*M. incana* (Pall.) Roem.) и других. В целом такая работа способствовала ревизии рода *Cerasus* Mill., сокращению его видового состава, устранению обширной синонимии и неправильно обнародованных таксонов. Работа по выведению новых сортов и подвоев для косточковых плодовых культур с использованием дикорастущих видов, несущих ценные признаки, осуществляется в России на 4–5 опытно-селекционных учреждениях, где получены новые сорта, источники и доноры иммунитета к вредоносным заболеваниям. Будущее эффективной селекции устойчивых сортов вишни невозможно без привлечения дикорастущих видов, обладающих ценными селекционными признаками.

Ключевые слова: центры распространения видов вишни, сопредельные территории РФ, интродукция видов, ценные селекционные признаки, разновидности, формы.

Expedition activities of VIR and its experiment stations greatly broadened the collected diversity of stone fruits with valuable plant material that can be used in breeding. Wild sour cherries from the Caucasus, Central Asia and the Far East introduced in the 1970–80s had a range of such important traits as immunity to fungal diseases, winter hardiness, drought resistance, restrained growth, vegetative reproduction ability, and were later used by Russian breeders for the development of new varieties and clonal rootstocks for growing cherries in various ecological and geographical areas of the country. The study of sour cherry samples collected *in vivo* helped in some cases to clarify some questions related to the range of polymorphism, taxonomic discrepancies, and the number of sour cherry varieties (*Cerasus* spp.) of *Microcerasus prostrata* (Labill.) Roem., *Microcerasus incana* (Pall.) Roem. and others. In general, this work contributed to the revision of the genus *Cerasus* Mill. by reducing the number of species in it, eliminating the extensive synonymy and the misidentified taxa. The breeding work aimed at creating new varieties and rootstocks for stone fruit crops is carried out in Russia at 4–5 institutions and employs wild species with important traits as source material. The future of effective breeding of resistant sour cherry varieties is impossible without the involvement of wild species with important breeding characteristics.

Key words: centers of sour cherry species distribution, territories adjacent to the Russian Federation, introduction of species, important breeding traits, varieties, forms.

Плодовые растения Кавказа, Центральной Азии и Дальнего Востока издавна привлекали внимание ботаников и практиков-растениеводов. Особое значение изучению и селекционному использованию огромного многообразия произрастающих здесь видов придавал Н. И. Вавилов. Разнообразие плодовых культур Кавказа он характеризовал как «изумительный полиморфизм диких плодовых деревьев и кустарников» (Vavilov, 1931, p. 100). По его инициативе в тридцатые годы было начато обследование дикорастущих форм и местных сортов по всей территории страны в рамках СССР, в том числе на территории Кавказа. Среди многих плодовых растений, произрастающих в горах, Н. И. Вавилов (Vavilov, 1931) указывает на вишню мелкоплодную (*Prunus microcarpa* С. А. Мей.), простертую (*P. prostrata*

Labill.) и магалебскую (*P. mahaleb* L.). Экспедиционная деятельность ВИР, представляющая в распоряжение селекционеров ценный исходный материал для изучения и использования в селекции, была продолжена во все последующие годы.

Практика селекционной работы с плодовыми культурами подтвердила многие положения, высказанные Н. И. Вавиловым: выделение исходного материала для гибридизации, широкое использование таких методов, как отдаленная гибридизация и полиплоидия. Это значительно обогатило нашу селекционную науку и позволило решить многие важные для практики задачи. В селекции косточковых плодовых культур возможности вовлечения источников ценных признаков очень велики, что связано с использованием огромного по-

тенциала произрастающих в нашей стране и на сопредельных территориях дикорастущих видов и местных сортов. Эффективность использования различных таксонов косточковых плодовых растений зависит от правильного понимания их положения в системе подсемейства Prunoideae Focke и четкого представления о внутривидовом полиморфизме. Изучение в природных ценозах и в стационарных условиях – генетических коллекциях признаков у многих видов косточковых растений – позволило нам в подтверждение закона гомологических родов Н. И. Вавилова установить параллелизм признаков в подсемействе Prunoideae (Yushev, 2014).

В поисках источников ценных селекционных признаков среди дикорастущей флоры плодовых растений сотрудники ВИР и его опытных станций Г. В. Еремин, А. В. Исачкин, В. М. Гарковенко, А. С. Гасанов, А. А. Юшев и др. в 1970–1980-х годах в составе экспедиций проводили обследования территорий произрастания дикорастущих видов в Центральной Азии, что позволило выделить ценный для селекции исходный материал. Так, были выявлены ценные генотипы для селекции на зимостойкость, слаборослость, засухоустойчивость, иммунитет к грибным заболеваниям, легкость вегетативного размножения и др. (Eremin et al., 1979; Yushev, 1992). Как свидетельствует генеалогический анализ сортов, ранее в селекцию была вовлечена лишь ограниченная часть сортового потенциала, зачастую одни и те же исходные родительские малоизученные партнеры.

Подобная работа в это самое время осуществлялась на Российском Дальнем Востоке научными сотрудниками В. П. Царенко, Н. А. Царенко. На обширной территории Приморского и Уссурийского краев, острове Сахалин и прибрежных тихоокеанских островах были собраны и закреплены на Дальневосточной опытной станции ВИР на популяционном уровне местные аборигенные виды. Большое внимание было обращено на мобилизацию формового разнообразия микровишни войлочной – *Microcerasus tomentosa* (Thunb.) Erem. et Yushev, завезенной в XIX веке из Маньчжурии и распространившейся по территории Дальнего Востока (Tsarenko N., 2007).

В результате многих обследований территорий произрастания дикорастущих вишен специалистами-плодоводами ВИР на территориях Кавказа и Дальнего Востока был собран и закреплен в насаждениях опытных станций института для дальнейшего изучения и использования растительный материал видов: род *Cerasus* Mill. – *C. fruticosa* Pall. – вишня кустарниковая, *C. nipponica* var. *kurilensis* (Miyabe) Erem. et Yushev – вишня курильская, *C. maackii* (Rupr.) Erem. et Simag. – вишня Маака, *C. mahaleb* (L.) Mill. – вишня магалевская, *C. maximowiczii* (Rupr.) Kom. – вишня Максимовича, *C. sargentii* (Rehd.) Erem., Yushev et Novikova – вишня Саржента; род *Microcerasus* Webb emend. Spach – *M. glandulosa* (Thunb.) M. Roem. – микровишня железистая, *M. incana* (Pall.) M. Roem. – микровишня седая, *M. microcarpa* (C.A. Mey.) Erem. et Yushev – микровишня мелкоплодная, *M. prostrata* (Labill.) M. Roem. – микровишня простертая, *M. tomentosa* (Thunb.) Erem. et Yushev. – микровишня войлочная.

Среди видов подсемейства Prunoideae имеются такие полиморфные виды, как например: *Prunus cerasifera* Ehrh. – алыча или слива растопыренная, *Prunus spinosa* L. – терн, *Cerasus avium* (L.) Moench – черешня, *C. fruticosa* Pall. – вишня кустарниковая, *Microcerasus prostrata* (Labill.) M. Roem. – микровишня простертая, *M. incana* (Pall.) M. Roem. – микровишня седая и др. Наряду с таксонами, описанными с соблюдением правил,

свойственных настоящим (истинным) видам, главное из которых – наличие ареала произрастания, в ботанической литературе встречаются неэффективно обнародованные описания, без соблюдения правил ботанической номенклатуры. Более тщательное их изучение в природных условиях и в коллекции показало их несостоятельность, как видов. Нашла подтверждение правильность вавиловского подхода к видам косточковых культур как к системе внутривидовых таксонов, отражающей наличие разновидностей и форм. К примеру, такой подход позволил нам в результате экспедиционных изысканий выделить в составе *M. prostrata* три разновидности, в составе *M. incana* – две разновидности (Eremin, Yushev, Novikova, 1979).

***Microcerasus prostrata* (Labill.) Roem. – микровишня простертая:**

– var. *bifrons* (Fritsch) Erem. et Yushev – вишня двусторонняя, произрастает на Памиро-Алае и Западном Тянь-Шане по каменистым склонам гор, характеризуется листьями с двусторонним опушением – сверху коротким негустым, снизу беловойлочным. Выделенные f. *brachypetala* (Boiss.) Erem. et Yushev, f. *chorassanica* (Pojark.) Erem. et Yushev, f. *griseola* (Pachom.) Erem. et Yushev и другие описанные формы подтверждают высокий полиморфизм данного таксона.

– var. *verrucosa* (Franch.) Erem. et Yushev – разновидность бородавчатая – низкорослый кустарник, встречается во всех частях Таджикистана, в Узбекистане, Туркмении, на каменистых и щебнисто-каменистых склонах гор, характеризуется узловатыми густыми ветвями. К данной разновидности относятся: f. *amygdaliflora* (Nevski) Erem. et Yushev, f. *tadshikistanica* (Vass.) Erem. et Yushev.

– var. *tianshanica* (Pojark.) Erem. et Yushev – разновидность тяньшанская – кустарник более 1,5–1,8 м высоты, встречается на каменистых склонах Тянь-Шаня и Памиро-Алая, листья голые с обеих сторон, может образовывать заросли. Известны формы f. *alaica* (Pojark.) Erem. et Yushev, f. *turcomanica* (Pojark.) Erem. et Yushev.

***Microcerasus incana* (Pall.) Roem. – микровишня седая:**

– var. *araxina* (Pojark.) Erem. et Yushev – разновидность араксинская, кустарник до 2 м высоты, встречается на сухих каменистых склонах в южном Закавказье по долине реки Аракс, отличается от микровишни седой узкими листьями с завернутыми вниз краями и беловато-войлочным опушением, особенно на нижней стороне;

– var. *blinovskii* (Totsch.) Erem. et Yushev – разновидность близкая к *M. prostrata* var. *bifrons*, найдена в Туркмено-Хорасанских горах, в Юго-Западном Копет-Даге на перевале Кара-Кала – Чандырь, побеги опушенные, листья снизу войлочно-опушенные.

Тщательное изучение некоторых видов с учетом их значимости для селекции позволило критически пересмотреть их видовую принадлежность. Так, в род *Cerasus* из рода *Padus* Mill. была переведена вишня Маака – *C. maackii* (Rupr.) Erem. et Simag. (Eremin, Simagin, 1986). Включавшийся ранее в род *Cerasus* подрод *Microcerasus* был восстановлен в качестве самостоятельного рода *Microcerasus* Webb emend. Spach. Было показано, что виды, состоящие в нем, по биолого-морфологическим и генетическим признакам далеки от настоящих вишен (Eremin et al., 1979; Yushev, 1992). Такие уточнения систематического положения видов с учетом генетических связей позволили обоснованно включать их в селекционные программы по отдаленной гибридизации.

Многие другие отмеченные несоответствия видовых описаний Ботаническому кодексу, а также множественная синонимика, существование ряда таксонов

исключительно на гербарных листах заставили нас критически пересмотреть видовой состав рода *Cerasus*. В итоге проведенной нами ревизии мирового разнообразия вишни была установлена численность видового состава рода, составляющая в мире по разным источникам не 117...150 видов, а 64 (Yushev, 1992).

Н. И. Вавилов в селекции растений и формировании улучшения их биолого-хозяйственных качеств придавал большое значение отдаленной гибридизации. Несмотря на то что он указывал на необходимость вовлечения в селекцию дикорастущих видов более чем 90 лет тому назад, многие из них стали активно включаться в скрещивания значительно позднее. Одной из причин такого положения была малая их изученность и возможность использования лишь случайных таксонов. Это можно наглядно проследить на примере происхождения сортифта вишни как в России, так и за рубежом. Весь мировой генофонд вишни возник в результате скрещивания по сути дела внутри двух видов – *C. avium* и *C. fruticosa* – и как производного от них культивированного вида *C. vulgaris* Mill. Такое положение в значительной степени повлияло на качество полученного потомства. В мировом генофонде вишни полностью отсутствуют генотипы, устойчивые к таким чрезвычайно вредоносным заболеваниям вишни, как коккомикоз – *Coccomyces hiemalis* Higg. и монилиальный ожог – *Monilia cinerea* Bonord.

Интерес к использованию в отечественной сортовой селекции вишни дикорастущих видов с ценными биолого-хозяйственными признаками велик, и это касается, прежде всего, обладающих иммунитетом к коккомикозу.

В результате многолетней селекционной работы с вишней Маака получены доноры иммунитета к коккомикозу: 'Алмаз' (Падоцерус × *Cerasus vulgaris*), 'Возрождение 1' (Церападус), 'Коралл' [Падоцерус М × (Новоселка × Памяти Вавилова)], 'Рубин' (Золушка × *C. taackii*), 'Степной родник' (Падоцерус М × Стандарт Урала), являющиеся основой для выведения устойчивых сортов в дальнейшем.

Другое направление селекционного использования дикорастущих видов – селекция устойчивых подвоев. Эффект использования дикорастущих видов в селекции в значительной степени затронул выведение клоновых подвоев для косточковых культур. В настоящее время к таковым относятся подвой из первого (F1) поколения отдаленных гибридов (Золушка × *C. taackii*): ВП-1, ВП-2, ОВП-2, ОВП-3, Рубин; из второго (F2) поколения (Владимирская × ВП-1): В-2-180, В-2-230, В-5-88, В-5-172 (селекция Всероссийского НИИ селекции плодовых культур); ВЦ-13 (Владимирская × Церападус Мичурина), ЛЦ-52 (Любская × Церападус Мичурина) – селекции Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ВСТИСП) и Крымской опытно-селекционной станции ВИР; Измайловский (Владимирская × (Полевка × *C. taackii*), Московия (Церападус × Ширпотреб черная), П-7 (Церападус × Ширпотреб черная), ВЦ-3 (Владимирская × Церападус) – селекции ВСТИСП (Mikheev, Revyakina, 1985; Eremin et al., 2000; Kolesnikova, 2014).

Тем не менее, пока сортов на новой генетической основе, полученных путем гибридизации с *C. taackii*, выведено ограниченное число: 'Новелла' (Россошанская черная × Возрождение 1), 'Долгожданная' (Тургеневка × Церападус орловский), 'Капелька' (Ровесница × Новелла), 'Бусинка' (Шоколадница × Новелла), 'Русинка' (Любская × Церападус 1), 'Фея' (Коралл × Премьера), 'Харитоновская' (Жуковская × Алмаз) и др. Работа по селекции сортов вишни с использованием вида *C. taackii* проводится в 4–5 научных учреждениях Рос-

сии. Трудность в этой селекции заключается в наследовании горького вкуса плодов в гибридах, а насыщающие скрещивания потомства с высококачественными сортами приводят к потере гибридами устойчивости к низким температурам.

В Дальневосточном регионе, где нет условий для произрастания вишни обыкновенной, было уделено внимание селекции микровишни войлочной (*M. tomentosa*). В результате на Дальневосточной опытной станции выведено 45 сортов, обладающих адаптивностью к местным условиям, различными сроками созревания и окраской плодов от белой (сорт 'Белая') до ярко-красной ('Натали') и темно-красной ('Осенняя вировская', 'Смуглянка восточная', 'Сказка').

Заключение

За почти 90-летний период, прошедший с тех пор, когда Н. И. Вавилов впервые обратил внимание растениеводов на значимость дикорастущих плодовых растений для селекционного использования, было организовано много экспедиционных обследований территорий Кавказа, Центральной Азии и Дальнего Востока с целью привлечения природных образцов с ценными селекционными признаками в генбанк ВИР.

Следующим этапом работы стало изучение и использование собранных в природных условиях растений в селекционных скрещиваниях с целью получения генотипов на новой генетической основе – сортов, доноров, источников, подвоев. Такая работа продолжается и углубляется, и сейчас стало очевидным, что без интенсивного вовлечения в селекцию дикорастущих родственников косточковых плодовых растений, обладающих ценными биологическими признаками, в выведении новых устойчивых сортов в перспективе не обойтись.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

References/Литература

- Eremin G.V., Provorchenko A.V., Gavrish V.F., Podorozhnyi V.N., Eremin V.G. Stone fruit crops. Cultivation on clonal rootstocks and own roots. (Kostochkovye kul'tury. Vyrashchivaniye na klonovykh podvoyakh i sobstvennykh kornyakh). Rostov-on-Don: Feniks; 2000. [in Russian] (Еремин Г.В., Проворченко А.В., Гавриш В.Ф., Подорожный В.Н., Еремин В.Г. Косточковые культуры. Выращивание на клоновых подвоях и собственных корнях. Ростов-на-Дону: Феникс; 2000).
- Eremin G.V., Simagin V.S. Study of the systematic position of bird cherry *Padus maackii* (Rupr.) Kom. in relation to its use in breeding. (Issledovaniye sistemacheskogo polozheniya cheremukhi Maaka – *Padus maackii* (Rupr.) Kom. v svyazi s ee selektsionnym ispolzovaniem). *Bulletin of VIR*. 1986;(166):56-63. [in Russian] (Еремин Г.В., Симагин В.С. Исследование систематического положения черемухи Маака – *Padus maackii* (Rupr.) Kom. в связи с ее селекционным использованием. *Бюллетень ВИР*. 1986;(166):56-63).
- Eremin G.V., Yushev A.A., Novikova L.N. Study of species of the genus *Microcerasus* Webb emend. Spach in connection with their use in breeding. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1979;5(3):70-86. [in Russian] (Еремин Г.В., Юшев А.А., Новикова Л.Н. Исследование видов рода *Microcerasus* Webb emend.

Spach в связи с их селекционным использованием. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1979;65(3):70-86.).

- Kolesnikova A.F. Sour cherry breeding in the past and present. (Selektsiya vishni obyknovennoy v proshlom i nastoyashchem). Orel; 2014. [in Russian] (Колесникова А.Ф. Селекция вишни обыкновенной в прошлом и настоящем. Орел; 2014).
- Mikheev A.M., Revyakina N.T. Stone fruit crops in the Central Belt of the RSFSR (Kostochkovye kultury` v sredney polose RSFSR.). Moscow: Rosselkhozizdat; 1985. [in Russian] (Михеев А.М., Ревякина Н.Т. Косточковые культуры в средней полосе РСФСР. Москва: Россельхозиздат; 1985).
- Tsarenko V.P., Tsarenko N.A. Natural drupaceous fruit plants of the Russian Far East (Dikorastushchiye kostochkovye plodovye rasteniya Dalnego Vostoka Rossii). Vladivostok: Dalnauka; 2007. [in Russian] (Царенко В.П., Царенко Н.А. Дикорастущие косточковые плодовые растения Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука; 2007).
- Vavilov N.I. Wild relatives of fruit trees in the Asian part of the USSR and the Caucasus and the problem of the origin of fruit trees (Dikiye rodichi plodovykh derevyev Aziatskoy chasti SSSR i Kavkaza i problema proisk-

hozhdeniye plodovykh derevyev). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1931;26(3):85-107. [in Russian] (Вавилов Н.И. Дикие родичи плодовых деревьев Азиатской части СССР и Кавказа и проблема происхождения плодовых деревьев. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1931; 26 (3): 85-107).

- Yushev A.A. Volume and taxonomy of the genus *Cerasus* Mill. and the use of the sour cherries' specific potential in breeding (Obyem i sistematika roda *Cerasus* Mill. i selektsionnoye ispolzovaniye vidovogo potentsiala vishen). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1992;146:16-26. [in Russian] (Юшев А.А. Объем и систематика рода *Cerasus* Mill. и селекционное использование видового потенциала вишен. *Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1992;146:16-26).
- Yushev A.A., Orlova S.Yu. Parallelism of characters in stone fruit plant species of the *Prunoideae* Focke subfamily. *Proceeding on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2014;175(2):53-60. [in Russian] (Юшев А.А., Орлова С.Ю. Параллелизм признаков у видов косточковых плодовых растений подсемейства *Prunoideae* Focke. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2014;175(2):53-60).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Юшев А.А., Орлова С.Ю. Дикорастущие виды вишен Кавказа, Центральной Азии и Дальнего Востока и их использование в селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(3):59-62. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-59-62

Yushev A.A, Orlova S.Yu. Wild sour cherry species of the Caucasus, Central Asia and the Far East and their use in breeding. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):59-62. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-59-62

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-59-62>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ И ГИБРИДНЫХ ФОРМ ТОМАТА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К КЛАДОСПОРИОЗУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДНК-МАРКЕРОВ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-63-70

УДК 635-152:635.64

Поступление/Received: 02.07.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

И. Н. ШАМШИН, М. В. МАСЛОВА, Ю. В. ГРЯЗНЕВА

Мичуринский государственный аграрный университет,
393760 Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск,
ул. Интернациональная, 101;
✉ ivan_shamshin@mail.ru

ANALYSIS OF A GENETIC COLLECTION OF TOMATO
CULTIVARS AND HYBRID FORMS FOR RESISTANCE TO
LEAF MOLD USING DNA MARKERS

I. N. SHAMSHIN, M. V. MASLOVA, Y. V. GRYAZNEVA

Michurinsk State Agrarian University,
101 Internatsionalnaya St., Michurinsk,
Tambov Province 393760, Russia;
✉ ivan_shamshin@mail.ru

Актуальность. Одной из наиболее вредоносных болезней томата является кладоспориоз, вызываемый грибом *Cladosporium fulvum* Cooke. Надежным и экологически безопасным способом защиты томата от болезней является создание устойчивых сортов и гибридов. В основе данного метода лежит изучение генетических аспектов устойчивости растений к патогенам. Маркерный отбор исходных форм томата – сравнительно новый подход в селекции, основанный на прямом отборе растений по генам, определяющим хозяйственно ценные признаки. Он позволяет проводить анализ селекционного материала в короткие сроки. **Материалы и методы.** В представленной работе изложены результаты скрининга более 30 образцов генетической коллекции сортов и гибридов томата Мичуринского ГАУ с использованием молекулярного маркера P7. **Результаты и обсуждение.** Оценен полиморфизм гена устойчивости к кладоспориозу *Cf-19*. Получены четкие, воспроизводимые результаты. Для тестирования маркера были использованы семь гибридных форм томата закрытого грунта. Подтверждение надежности выявления гена *Cf-19* с помощью маркера P7 проводили путем искусственного заражения грибом *C. fulvum*. При этом шесть гибридов из семи показали высокий уровень устойчивости к патогену, что подтверждается данными оригинаторов. Сильное поражение отмечено на листьях только одного гибрида. На основании молекулярно-генетического анализа установлено, что из всех контрольных образцов, только данный генотип является рецессивной гомозиготой. Кроме того, по данным оригинатора, он не обладает устойчивостью к кладоспориозу. Проведенный эксперимент доказывает высокую эффективность маркера P7. С его использованием было проанализировано 35 генотипов. Полученные в ходе работы данные показывают, что большинство исследуемых образцов оказались гетерозиготными. Однако отмечены и гомозиготные формы. Так, сорт томата 'Золотой дождь' имеет только один фрагмент размером 250 пн, что соответствует рецессивной гомозиготе. У четырех генотипов выявлен фрагмент размером 300 пн, что соответствует доминантной гомозиготе. Проведенный молекулярно-генетический анализ позволил выявить ряд генотипов, которые рекомендованы в качестве источников устойчивости к кладоспориозу.

Ключевые слова: селекция, гены устойчивости, *Cladosporium fulvum* Cooke, молекулярные маркеры, ПЦР.

Background. Leaf mold, a disease caused by the fungus *Cladosporium fulvum* Cooke in tomato, is one of the reasons for a significant decrease in the fruit yield. The most reliable and environmentally friendly way to protect tomato from diseases is the development of resistant cultivars and hybrids. The study of genetic aspects of disease resistance in plants is the basis of successful breeding work. Marker-assisted selection of the source forms of tomato is a relatively new approach in breeding, based on direct selection of plants for genes that determine the economically important traits. It allows for the time-saving analysis of breeding material. **Materials and methods.** The present work offers the results of screening more than 30 accessions from the genetic collection of tomato cultivars and hybrids of the Michurinsk State Agrarian University using the P7 molecular marker. **Results and discussion.** Polymorphism of the *Cf-19* gene of resistance to leaf mold was evaluated, and clear reproducible results were obtained. To test the marker, seven hybrid forms of greenhouse tomato were used. The reliable identification of the *Cf-19* gene by using the P7 marker was confirmed through artificial infection with *C. fulvum*. Six out of seven hybrids demonstrated a high level of resistance to the pathogen, which is confirmed by the originators' data. A strong lesion was noted on the leaves of only one hybrid. The molecular genetic analysis has shown that among all control samples, only this genotype was a recessive homozygote. Besides, according to the originator, this genotype is not resistant to leaf mold. The performed test proves the high efficiency of the P7 marker. By using it, 35 genotypes were analyzed. The data obtained during the work show that the majority of the studied samples turned out to be heterozygous. At the same time, homozygous forms were also noted. For instance, the 'Golden Rain' tomato cultivar has only one 250 bp fragment, which corresponds to a recessive homozygote. Four genotypes were found to contain 300 bp fragments, which correspond to dominant homozygotes. The molecular genetic analysis revealed a number of genotypes that can be used as sources of resistance to leaf mold.

Key words: breeding, genes of resistance to *Cladosporium fulvum* Cooke, molecular markers, PCR.

Введение

Томат – важная сельскохозяйственная культура, которая выращивается как в условиях открытого, так и защищенного грунта. Основным фактором, снижающим урожайность и качество плодов томата, является высокая поражаемость грибными патогенами. Надежным и экологически безопасным способом защиты томата от болезней является создание устойчивых сортов и гибридов (Padvitski et al., 2013).

Знание фундаментальных аспектов устойчивости растений томата к грибным болезням на генетическом уровне позволяет проводить скрининг больших коллекций и выявлять источники целевых генов в качестве ценного селекционного материала. Это является основополагающим этапом создания новых резистентных генотипов, использование которых в производстве позволяет реализовать принципы органического земледелия.

Маркерный отбор исходных форм томата – сравнительно новый подход в селекции, основанный на прямом отборе растений по генам, определяющим хозяйственно ценные признаки (Robbins et al., 2010). На основании анализа генома исходных форм, отбора перспективных генотипов с последующим скрещиванием создаются гибриды с оптимальным сочетанием агрономически важных генов из разных источников.

Листовая плесень, или кладоспориоз томата (возбудитель – гриб *Cladosporium fulvum* Cooke), приводит к снижению урожайности, качества плодов, а также гибели целых растений. При совместимых взаимодействиях с восприимчивыми формами томата споры гриба прорастают на абаксиальной поверхности листьев и попадают в апопласт листа через устьица. При этом инфицированные клетки некротизируются (Hammond-Kosack, Jones, 1996).

Известно, что гены томата *Cf* организованы как кластеризованные генные семейства. Каждый локус включает тандемные массивы близкородственных гомологов с различающимися спецификами распознавания, что наблюдается у большинства генов устойчивости (De Wit, Joosten, 1999).

В настоящее время из разных источников томата в селекцию вовлечены гены устойчивости *Cf-1*, *Cf-2*, *Cf-3*, *Cf-4*, *Cf-5*, *Cf-9*, хотя в геноме диких видов известно 24 гена *Cf* (Poliksenova, 2002, Wang et al., 2007). Это в свою очередь создало эволюционное давление на возбудителя болезни *C. fulvum*, что позволило ему преодолеть действие большинства генов (Zhao et al., 2016).

Гены *Cf* кодируют белки с классическими сигнальными пептидными доменами в N-конце, LRRs и трансмембранной области в C-конце. *Cf-4* и *Cf-9* имеют одинаковые C-концы, в то время как в их N-концевых частях обнаружена значительная степень расхождения последовательностей. Эта разница между *Cf-4* и *Cf-9* обуславливает специфику их распознавания.

Маркер P7 был разработан на основе вставки 60 пн в области N-конца кодирования гена *Solyc01g006550.2.1-CGN18423*, идентифицированного у *Lycopersicon esculentum* Mill. Результаты поиска показали, что не было генов, полностью гомологичных гену *Solyc01g006550.2.1-CGN18423* (*Cf-19*). Это свидетельствует о том, что данный ген является новым членом локуса *Cf-4/9*.

Исследования показали, что *Cf-19* является доминантным геном. Он индуцирует сверхчувствительность у растений томатов, инокулированных 1–4 физиологическими расами *C. fulvum*. Это указывает на то, что он является функциональным членом семейства генов *Cf*. Для идентификации гена *Cf-19* и скрининга генетических коллекций томата был создан молекулярный маркер P7. Этот маркер был протестирован на растениях F_2 и различных линиях F_3 томата. Анализ хи-квадрат показал, что распре-

деление резистентных и восприимчивых особей популяции F_2 составило 3 : 1, а при проведении анализирующего скрещивания – 1 : 1, т. е. как и в случае полного подавления доминантным аллелем действия рецессивного аллеля в гетерозиготном состоянии. При проведении анализа связей данного маркера в популяции F_2 , состоящей из 345 растений, было отобрано три группы гибридов: 1) растения с устойчивым гомозиготным генотипом, 2) растения с устойчивым гетерозиготным генотипом, 3) растения с чувствительным гетерозиготным генотипом. Кроме того, установлено, что ген *Cf-19* может также маскироваться под неполное доминирование, приводя к более высокому уровню тяжести заболевания для некоторых гетерозиготных растений. Большая часть этих растений была выделена в восприимчивые. Хотя не все образцы дали последовательные результаты в тестах с инокуляцией и маркированием с помощью P7. Однако достоверность P7 в идентификации генотипа достаточно для маркер-опосредованной селекции (MAC) (Zhao et al., 2016).

На сегодняшний день не зарегистрировано ни одного поражения для томата с геном *Cf-19*. Растения, несущие данный ген, проявляют эффективную устойчивость в полевых условиях.

Цель данной работы – скрининг коллекции сортов и гибридов томата Мичуринского ГАУ с использованием молекулярного маркера P7 для идентификации доноров устойчивости к кладоспориозу с последующим подтверждением надежности выявления гена *Cf-19* путем искусственного заражения растений грибом *C. fulvum*.

Материалы и методы

Для проведения молекулярно-генетического анализа использованы следующие методы. Выделение ДНК проводилось из молодых листьев СТАВ-методом (Doyle J.J., Doyle J.L., 1990) с модификациями (Shamshin et al., 2013). Реакционная смесь для ПЦР объемом 15 мкл содержала: 20 нг ДНК, 1,5 мМ dNTP, 2,5 мМ $MgSO_4$, 10 пМ каждого праймера, 1 ед. Taq-полимеразы и 10х стандартного ПЦР-буфера. Реакцию проводили в приборе SimpliAmp (Life Technology) по программе: 94°C – 4 мин, 35 циклов 94°C – 30 с, 60°C – 30 с, 72°C – 1 мин и финальная элонгация в течение 7 мин при 72°C. Продукты амплификации разделялись путем электрофореза в 2-процентном агарозном геле. После электрофореза гель анализировали в ультрафиолетовом свете с использованием трансиллюминатора.

Оценку коллекционного материала проводили с применением ранее созданного молекулярного маркера (Zhao et al., 2016). При проведении реакции использованы последовательности праймерных пар, синтезированных ЗАО «Синтол», г. Москва (табл. 1).

В качестве биологических объектов использованы сорта и гибриды томата из коллекции Мичуринского ГАУ. Всего проанализировано 35 генотипов (табл. 5).

С целью проверки эффективности генетических маркеров устойчивости к патогену проводили искусственное заражение листьев томата суспензией спор *C. fulvum*. Для этого с поверхности колоний *C. fulvum* после культивирования их на агаризированной питательной среде стерильной водой смывали споры и фрагменты мицелия. Путем микроскопирования смывов подсчитывали количество живых структур гриба в поле зрения при увеличении $\times 600$. Разбавляя полученный инокулюм стерильной водой, данный показатель доводили до 10–15 спор.

Полученную суспензию мицелия и спор наносили на поверхность листьев томата стерильным ватным тампоном, после чего листья инкубировали в чашках Петри, то есть в условиях влажной камеры. В контрольном варианте поверхность листьев увлажняли стерильной водой. Учет степени поражения болезнями проводили по степе-

Таблица 1. Нуклеотидные последовательности использованных специфических праймеров**Table 1. Nucleotide sequences of the used specific primers**

№ п\п	Название Name	Последовательность Sequences	Автор оригинальной статьи The author of the original paper
1	P7F	AGTGCAGAAATGGGTTGTGTA	Zhao et al., 2016
2	P7R	CCGGAGATCAAGCTCAACCA	

ни некротизации тканей листа с использованием балло-
вой шкалы:

0 – поражение отсутствует;

1 – поражение очень слабое, единичные хлоротические
или некротические пятна;

2 – поражение слабое, до 10% поверхности листа за-
нимает некроз или до 25% – хлороз;

3 – поражение среднее, до 25% – некроз или до 50% –
хлороз;

4 – поражение сильное, до 50% – некроз, хлороз более
50%;

5 – поражение очень сильное, некроз более 50%.

Результаты и обсуждение

Тестирование значительной части коллекции ис-
ходных форм томата Мичуринского ГАУ с использова-
нием маркера P7 позволило получить четкие воспроиз-
водимые результаты по распространению и полимор-
физму гена *Cf-19*.

Для тестирования маркера были использованы ги-
бридные формы томата закрытого грунта Форенза F₁, Ка-
либр F₁, Максимато F₁, Таганка F₁, Физума F₁, Мопс F₁ и Ма-
либу F₁. Согласно общепринятым требованиям, предъяв-
ляемым к сортам и гибридам закрытого грунта, они про-
ходят испытания на устойчивость к ряду заболеваний
(Pnueli et al., 1998; Tereshonkova et al., 2016). В таблице 2
отмечены возбудители болезней, устойчивость к кото-
рым должны иметь томаты закрытого грунта, а также
коды этих возбудителей согласно правилам Междуна-
родной Федерации по семеноводству (<https://www.worldseed.org/our-work/plant-health/pathogen-codes/>).

По данным оригинаторов (табл. 3), исследуемые
формы прошли предварительную проверку на устой-
чивость к таким грибным болезням, как листовая пле-
сень (кладоспориоз), фузариозное увядание, вертицил-
лезное увядание, и рекомендованы для использования
в условиях защищенного грунта. Устойчивость сортов
выражается с помощью специфических для культур ко-
дов устойчивостей.

Таблица 2. Коды устойчивости к основным грибным болезням томата**Table 2. Codes for resistance to the major fungal diseases of tomato**

Патоген Pathogen	Код устойчивости Codes for resistance	Общепринятое наименование болезни Name of the disease
<i>Fulvia fulva</i> (синонимы <i>Passalora fulva</i> , <i>Cladosporium fulvum</i>)	Ff (Pf)	Листовая плесень (кладоспориоз)
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Fol	Фузариозное увядание
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>	For	Фузариоз
<i>Verticillium albo-atrum</i>	Va	Вертициллезное увядание
<i>Verticillium dahliae</i>	Vd	Вертициллезное увядание

Таблица 3. Коды устойчивости к грибным болезням у исследуемых гибридов F₁ томата**Table 3. Codes for resistance to fungal diseases in the studied F₁ tomato hybrids**

Генотип Genotype	Коды устойчивости Codes for resistance	Источник информации Source of information
Максимато F ₁	HR*: Va:0 / Vd:0 / Fol / For	http://www.axiaseeds.com/es/our-products/tomatoes/semillas-de-tomate-para-invernaderos-climatizados/maximato/
Форенза F ₁	HR: Ff: A-E/Va:0/Vd:0/Fol:0,1	http://www.enzazaden.ru/products-and-services/our-products/Forenza/
Физума F ₁	HR: Ff: A-E/Va:0/Vd:0/Fol:0,1/For	http://www.enzazaden.ru/products-and-services/our-products/Fizuma
Калибр F ₁	HR: Ff: A-E / For	https://www.agrorubo.ru/jurnal/rastenievodstvo/ovoshhi/sorta/pomidory/tomat-kalibr-f1-116
Малибу F ₁	HR: Va:0/Vd:0/Fol:0,1	https://gavrishprof.ru/tomat
Мопс F ₁	HR: Ff: A-E/Va:0/Vd:0/Fol	https://gavrishprof.ru/tomat https://www.heterosis.ru/tomat/45-mops-f1.html
Таганка F ₁	HR: Ff: A-E/Va:0/Vd:0/Fol	https://gavrishprof.ru/tomat

* HR – высокая устойчивость.

При проведении реакции с использованием праймера P7 синтезируется два фрагмента размером 250 пн и 300 пн. Устойчивые генотипы томата имеют фрагмент 300 пн, неустойчивые – 250 пн (рис. 1).

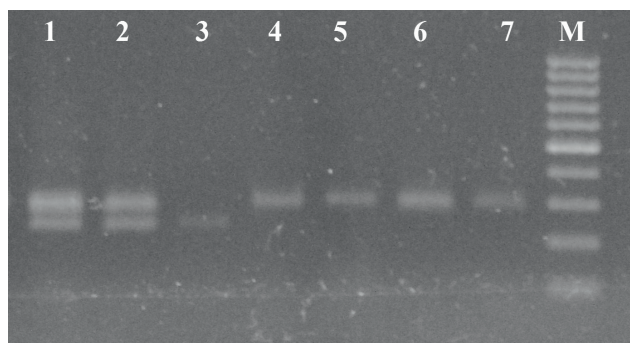


Рис. 1. Результаты амплификации ДНК томата с праймером P7:

1 – Форенза F₁, 2 – Калибр F₁, 3 – Максимата F₁, 4 – Таганка F₁, 5 – Физума F₁, 6 – Мопс F₁, 7 – Малибу F₁; M – маркер молекулярного размера 100 пн.

Fig. 1. The results of the tomato DNA amplification with the P7 primer:

1 – Forenza F₁, 2 – Calibr F₁, 3 – Maximata F₁, 4 – Taganka F₁, 5 – Fizuma F₁, 6 – Mops F₁, 7 – Malibu F₁; M – 100 bp molecular size marker

При анализе контрольных образцов выявлены разные аллельные варианты гена *Cf-19*. Гибриды Форенза F₁, Калибр F₁ имеют 2 фрагмента (250 пн и 300 пн), что соответствует гетерозиготам. Гибрид Максимата F₁ является рецессивной гомозиготой (250 пн). Гибриды Таганка F₁, Физума F₁, Мопс F₁, Малибу F₁ имеют фрагмент 300 пн, что соответствует доминантной гомозиготе.

Подтверждение надежности выявления идентифицируемых генов *Cf-19* с помощью маркера P7 проводили путем искусственного заражения грибом *C. fulvum*.

При моделировании инфекционной нагрузки на образцы томата было выявлено, что гибриды Форенза F₁, Физума F₁, Калибр F₁, Малибу F₁, Мопс F₁, Таганка F₁ показали высокий уровень устойчивости к патогену. Симптомы кладоспориоза на листьях данных форм не выявлены. По данным оригинаторов гибридов (табл. 3), Форенза F₁, Физума F₁, Калибр F₁, Мопс F₁, Таганка F₁ являются устойчивыми к листовой плесени.

Отмечено сильное поражение листьев гибрида Максимата F₁. На основании молекулярно-генетического анализа установлено, что только данный генотип являлся рецессивной гомозиготой. Кроме того, по данным оригинатора, он не обладает устойчивостью к кладоспориозу.

Анализ характеристики гибрида Малибу F₁ показал, что он не обладает высоким уровнем устойчивости к листовой плесени (табл. 4), но по результатам проведенного нами искусственного заражения он характеризовался резистентностью к *C. fulvum*. Молекулярно-генетический анализ с использованием маркера P7 показал наличие гена *Cf-19* в доминантном состоянии у данного гибрида.

Проведенный эксперимент доказывает высокую эффективность маркера P7 для идентификации гена устойчивости к кладоспориозу *Cf-19*. В связи с этим данный маркер рекомендуется для проведения молекулярно-генетического анализа гибридного потомства томата на наличие генетически детерминированного признака резистентности к наиболее распространенным расам *C. fulvum*.

С использованием маркера P7 был проведен скрининг коллекции исходных форм томата Мичуринского ГАУ. Всего проанализировано 35 генотипов. Результаты молекулярного анализа представлены в таблице 5.

Полученные в ходе работы данные показывают, что большинство исследуемых образцов (29 из 35) оказались гетерозиготными (рис. 2).

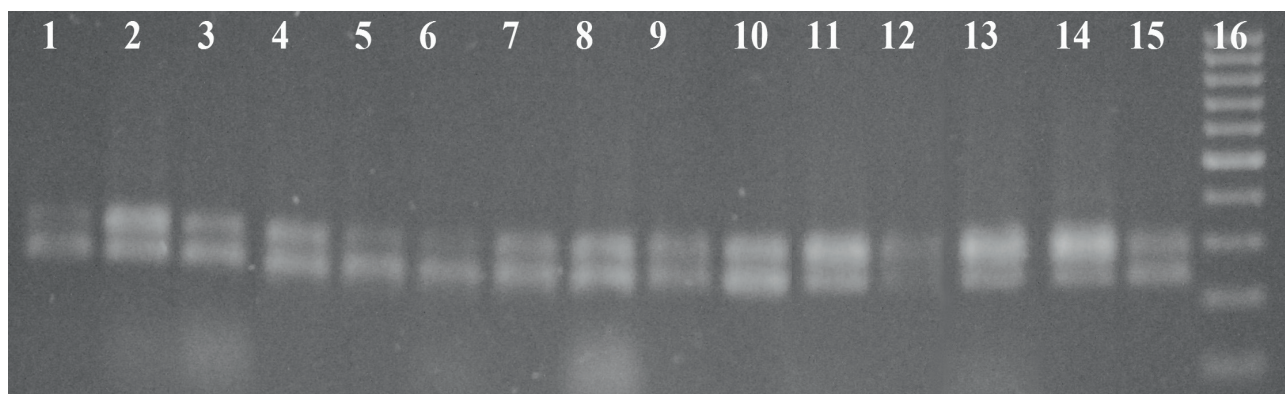


Рис. 2. Результаты амплификации ДНК томата с праймером P7:

1 – Золотой ключик, 2 – Оранжевая слива, 3 – Обыкновенный желтый чувашский, 4 – Корбетта, 5 – Жемчужинка, 6 – Сливка желтая, 7 – Оранжевые сливки, 8 – Крайний север, 9 – Северная малютка, 10 – Черномор, 11 – Балконное чудо, 12 – Перемога-165, 13 – Одуванчик, 14 – *Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill., 15 – Белле F1, 16 – маркер молекулярного размера 100 пн.

Fig. 2. Results of tomato DNA amplification with the P7 primer:

1 – Zolotoy klyuchik, 2 – Oranzhevaya sliva, 3 – Obyknovennyy zheltiy chuvashskiy, 4 – Korbetta, 5 – Zhemchuzhinka, 6 – Slivka zheltaya, 7 – Oranzhevyye slivki, 8 – Krayniy sever, 9 – Severnaya malyutka, 10 – Chernomor, 11 – Balkonnoye chudo, 12 – Peremoga-165, 13 – Oduvanchik, 14 – *Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill., 15 – Belle F1, 16 – 100 bp molecular size marker

Таблица 4. Поражаемость контрольных образцов томата грибом в зависимости от аллельного состояния гена

(300 пн – доминантный аллель, 250 пн – рецессивный аллель)

Table 4. Infection of tomato control samples with the fungus, depending on the gene allelic state
(300 bp – dominant allele, 250 bp – recessive allele)

№	Генотип Genotype	Результат искусственного заражения The result of artificial infection	300 пн 300 bp	250 пн 250 bp
1	2	3	4	5
1	Форенза F ₁		1	1
2	Калибр F ₁		1	1
3	Максимато F ₁		0	1
4	Таганка F ₁		1	0

№	Генотип Genotype	Результат искусственного заражения The result of artificial infection	300 пн 300 bp	250 пн 250 bp
1	2	3	4	5
5	ФизумаF ₁		1	0
6	МоисF ₁		1	0
7	МалибуF ₁		1	0

Отмечены и гомозиготные формы. Так, сорт томата 'Золотой дождь' имеет только один фрагмент размером 250 пн, что соответствует рецессивной гомозиготе.

Согласно полученным данным, большинство коллекционных образцов являются гетерозиготами. Как указывалось ранее, для гена *Cf-19* отмечено неполное доминирование. Это приводит к высокому уровню поражения у некоторых гетерозиготных форм, и большая часть из них характеризуется рядом исследователей как восприимчивые генотипы (Zhao et al., 2016).

Для полного понимания степени доминирования гена *Cf-19* в гетерозиготных формах целесообразно получить большую выборку гомозиготных доминантных форм для анализа с использованием искусственного заражения и проверки в полевых условиях. Однако гетерозиготные генотипы могут быть использованы в качестве генетических источников признака устойчивости к кладоспориозу.

Заключение

В ходе проведенных исследований проведена оценка коллекции сортов и гибридов томата Мичуринского ГАУ с использованием молекулярного маркера гена устойчивости к кладоспориозу *Cf-19*. Получены четкие, воспроизводимые результаты. Достоверность работы маркера P7 была проверена в лабораторных условиях методом искусственного заражения контрастных форм томата: показано соответствие данных фитопатологического и молекулярного анализов.

Поиск источников устойчивости к кладоспориозу позволил выделить доминантные (2) и рецессивные (1) гомозиготы, а также гетерозиготы (29). Доминантные гомозиготы и гетерозиготы рекомендуется использовать в качестве генетических источников устойчивости к кладоспориозу в селекционной работе.

Таблица 5. Результаты молекулярного анализа сортов и гибридов томата
(1 – наличие фрагмента, 0 – отсутствие фрагмента)

Table 5. Molecular analysis of tomato cultivars and hybrids
(1 – fragment present, 0 – no fragment)

№ п\п	Сорт, гибридная форма Cultivar, hybrid form	250 пн 250 bp	300 пн 300 bp
1	Золотая рыбка	1	1
2	Золотой дождь	1	0
3	Вишня желтая	1	1
4	Луна	1	1
5	Амурская заря	1	1
6	Персик	1	1
7	Непрядва	1	1
8	Буй тур	1	1
9	ТЗ4 F ₁	1	1
10	Благородный принц	1	1
11	Форенза F ₁	1	1
12	Калибр F ₁	1	1
13	Максимато F ₁	1	0
14	Таганка F ₁	0	1
15	Физума F ₁	0	1
16	Мопс F ₁	0	1
17	Малибу F ₁	0	1
18	Золотой ключик F ₁	1	1
19	Оранжевая слива	1	1
20	Желтый чувашский	1	1
21	Корбетта	1	1
22	Жемчужинка	1	1
23	Сливка желтая	1	1
24	Оранжевые сливки	1	1
25	Крайний север	1	1
26	Северная малютка	1	1
27	Черномор	1	1
28	Балконное чудо	1	1
29	Перемога	1	1
30	Одуванчик	1	1
31	<i>Lycopersicon pimpinellifolium</i> (L.) Mill.	1	1
32	Белле	1	1
33	Голландский красный	1	1
34	Грот	1	1
35	Дерево	1	1

References/Литература

- De Wit P.J.G.M., Joosten M.H.A.J. Avirulence and resistance genes in the *Cladosporium fulvum*–tomato interaction. *Curr Opin Microb.* 1999;2(4):368-373. DOI: 10.1016/S1369-5274(99)80065-4
- Doyle J.J., Doyle J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus.* 1990;12(1):13-15.
- Hammond-Kosack K.E., Jones J.D. Resistance gene-dependent plant defense responses. *Plant Cell.* 1996;8(10):1773-1791.
- Padvitski T.A., Galinovsky D.V., Tarutina L.A. Source of tomato (genus *Lycopersicon*) resistance to agent of economically significant diseases (Istochniki ustoychivosti tomatov (rod *Lycopersicon*) k vzbuditelyam khozyaystvenno znachimyykh zabolevaniy). *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus.* 2013;(4):45-49. [in Russian] (Подвицкий Т.А., Галиновский Д.В., Тарутина Л.А. Источники устойчивости томатов (род *Lycopersicon*) к возбудителям хозяйственно значимых заболеваний. *Известия национальной академии наук Беларуси.* 2013;(4):45-49).
- Pnueli L., Carmel-Goren L., Hareven D., Gutfinger T., Alvarez J., Ganai M. et al. The SELF-PRUNING gene of tomato regulates vegetative to reproductive switching of sympodial meristems and is the ortholog of CEN and TFL1. *Development.* 1998;125(11):1979-1989.
- Poliksenova V.D. Biodiversity in the pathosystem '*Lycopersicon* (Tourn.) Mill. – *Cladosporium fulvum* Cooke' (Bioraznoobraziye v patosisteme "*Lycopersicon* (Tourn.) Mill. – *Cladosporium fulvum* Cooke"). In: *Proceedings of the 2nd International Scientific & Practical Conference: Achievements of Modern Biology and Biological Education (Dostizheniya sovremennoy biologii i biologicheskoye obrazovaniye).* Minsk; 2002. p.105-109. [in Russian] (Поликсенова В.Д. Биоразнообразие в патосистеме "*Lycopersicon* (Tourn.) Mill. – *Cladosporium fulvum* Cooke" / *Достижения современной биологии и биологическое образование. Труды 2-й Международной научно-практической конференции.* Минск; 2002. С.105-109). URL: http://www.bio.bsu.by/botany/files/pub_polik2002a.pdf [дата обращения 15.02.2019].
- Robbins M.D., Masud M.A., Panthee D.R., Gardner R.G., Francis D.M., Stevens M.R. Marker-assisted selection for coupling phase resistance to tomato spotted wilt virus and *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato. *HortScience.* 2010;45(10):1424-1428. DOI: 10.21273/HORTSCI.45.10.1424
- Shamshin I.N., Kudryavtsev A.M., Saveliev N.I. Creation of genetic passports of apple varieties based on the analysis of the polymorphism of microsatellite genome loci: Guidelines (Sozdaniye geneticheskikh pasportov sortov yabloni na osnove analiza polimorfizma mikrosatelitnykh lokusov genoma: metodika). Michurinsk; 2013. [in Russian] (Шамшин И.Н., Кудрявцев А.М., Савельев Н.И. Создание генетических паспортов сортов яблони на основе анализа полиморфизма микросателлитных локусов генома: методика. Мичуринск; 2013).
- Tereshonkova T.A., Ogniev V.V., Prokhorova K.G., Kostenko A.N., Khovrin A.N. Domestic tomato hybrids for South of Russia (Otechestvennyye gibridy tomatov dlya yuga Rossii). *Kartofel i ovoshchi – Potatoes and Vegetables.* 2016;(4):38-40. [in Russian] (Терешонкова Т.А., Огнев В.В., Прохорова К.Г., Костенко А.Н., Ховрин А.Н. Отечественные гибриды томата для юга России. *Картофель и овощи.* 2016;(4):38-40).
- Wang A., Meng F., Xu X., Wang Y., Li J. Development of molecular markers linked to *Cladosporium fulvum* resistant gene Cf-6 in tomato by RAPD and SSR methods. *HortScience.* 2007;42(1):11-15. DOI: 10.21273/HORTSCI.42.1.11
- Zhao T., Jiang J., Liu G., He S., Zhang H., Chen X., Xu X. Mapping and candidate gene screening of tomato *Cladosporium fulvum*-resistant gene Cf-19, based on high-throughput sequencing technology. *BMC Plant Biol.* 2016;16:51. DOI: 10.1186/s12870-016-0737-0

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

И.Н. Шамшин, М.В. Маслова, Ю.В. Грязнева. Анализ генетической коллекции сортов и гибридных форм томата по устойчивости к кладоспориозу с использованием ДНК-маркеров. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2019;180(3):63-70. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-63-70

Shamshin I.N., Maslova M.V., Gryazneva Y.V. Analysis of a genetic collection of tomato cultivars and hybrid forms for resistance to leaf mold using DNA markers. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding.* 2019;180(3):63-70. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-63-70

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-63-70>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

КРИТЕРИИ МОДЕЛИ СОРТА И ВЗАИМОСВЯЗИ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ХЕНОМЕЛЕСА В СВЯЗИ С СЕЛЕКЦИЕЙ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-71-75

УДК 631.52:634.141

Поступление/Received: 12.07.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

Л. Д. КОМАР-ТЁМНАЯ

Никитский ботанический сад –

Национальный научный центр РАН,

298648 Россия, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52;

✉ larissakt@mail.ru

CRITERIA OF THE CULTIVAR MODEL AND
INTERRELATIONS AMONG ECONOMICALLY USEFUL
CHARACTERISTICS OF *CHAENOMELES*
IN CONNECTION WITH BREEDING

L. D. KOMAR-TYOMNAYA

The Nikita Botanical Gardens –

National Scientific Center of the RAS,

52 Nikitsky Spusk, Nikita Settlement, Yalta 298648, Russia;

✉ larissadkt@mail.ru

Актуальность. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.) – популярная декоративная и сравнительно молодая плодовая культура. Генетическое разнообразие рода позволяет вести селекцию не только по этим двум направлениям, но и создавать сорта универсального типа. Для повышения эффективности селекционного процесса актуальным является разработка модели сорта, максимально сочетающего полезные качества в одном генотипе. Целью данной работы явилось определение критериев модели универсального сорта хеномелеса; отбор сортов, приближающихся к модели по основным хозяйственно ценным признакам; а также определение взаимосвязи между этими признаками. **Объекты и методы.** Для исследования были отобраны 21 наиболее ценный сорт и форма хеномелеса из коллекции Никитского ботанического сада. Сравнительную оценку с моделью сорта проводили методом кластерного анализа, определение взаимосвязей признаков – методом корреляционного анализа. **Результаты и выводы.** Для сортов хеномелеса универсального (декоративного и плодового) назначения определены критерии модели сорта по 27 признакам. По комплексу признаков наиболее близкими к модели универсального сорта (4,44 ед. евклидова расстояния) оказались семь генотипов: PX4/9 (4,25 ед.), ‘Самурай’ (4,15 ед.), ‘Аракс’ (4,01 ед.), ‘Африканыч’, ‘Шатенка’ (3,9 ед.), ‘Красавица Мадлен’ и ‘Розмари’ (3,7 ед.). Выявлена различная степень корреляции между 17 основными признаками. Наиболее сильная связь установлена между началом и продолжительностью цветения ($r = -0,9$), между началом цветения и длительностью периода покоя ($r = 0,91$), между продолжительностью цветения и периода покоя ($r = -0,82$), между диаметром венчика, оригинальностью цветка ($r = 0,83$) и общей декоративностью куста ($r = 0,86$). Тенденция к зависимости отмечена для 12 пар признаков ($r = 0,46-0,61$).

Ключевые слова: *Chaenomeles*, нетрадиционная плодовая культура, корреляция, кластерный анализ.

Background. *Chaenomeles* Lindl. is a popular ornamental and relatively young fruit crop. Genetic diversity of the genus favors breeding not only in these two areas, but also aiming at the development of cultivars of a universal type. To improve the efficiency of the breeding process, a cultivar model with the maximum combination of useful qualities in one genotype is vitally needed. The goal of this work was to identify the criteria for the model of a universal *Chaenomeles* cultivar, select cultivars that come closest to the model in their main economic traits, and find relationships among such characteristics. **Materials and methods.** The study engaged 21 *Chaenomeles* cultivars and forms selected for their valuable qualities from the Nikita Botanical Gardens collection. They were compared with the cultivar model using cluster analysis, while correlation analysis was employed to assess interrelations between traits. **Results and conclusion.** Criteria were identified for the universal cultivar model of *Chaenomeles* (ornamental and fruit purposes) according to 27 characteristics. Seven genotypes turned out to be closest to the universal model in a set of traits (4.44 units of the Euclidean distance): PX4/9 (4.25 units), ‘Samurai’ (4.15 units), ‘Araks’ (4.01 units), ‘Afrikanych’, ‘Shatenka’ (3.9 units), ‘Krasavitsa Madlen’ and ‘Rosemary’ (3.7 units). Different degrees of correlation between the main 17 characteristics were observed. The strongest relationships was found between the beginning of flowering and its duration ($r = -0.9$), between the beginning of flowering and the duration of the dormancy period ($r = 0.91$), between the durations of flowering and dormancy periods ($r = -0.82$), between the corolla diameter, the flower's originality ($r = 0.83$) and the overall ornamentality of the bush ($r = 0.86$). A tendency to dependence was observed in 12 pairs of traits ($r = 0.46$ to 0.61).

Key words: *Chaenomeles*, unconventional fruit crop, correlation, cluster analysis.

Введение

Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.) – популярный декоративный красивоцветущий кустарник, широко распространенный в озеленении, и сравнительно молодая плодовая культура, относящаяся к группе нетрадиционных, или малораспространенных.

Как перекрестноопыляемая культура, базирующаяся на генетическом разнообразии наиболее часто встречающихся в условиях интродукции и давших наибольшее количество культиваров трех природных видов (*C. japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *C. speciosa* (Sweet)

Nakai, *C. cathayensis* (Hemsl.) C.K. Schneid., и садовых гибридов – *C. × superba* (Frahm) Rehder (*C. japonica* × *C. speciosa*), *C. × californica* W.B. Clarke (*C. cathayensis* × *C. × superba*), хеномелес предоставляет большие возможности для селекции как декоративных, так и плодовых сортов. Кроме того, другими исследователями уже показана эффективность отбора сортов универсального типа, сочетающих качества декоративного и плодового растения (Mezhensky, 2010).

Определенным ориентиром в селекционном процессе может служить модель идеального сорта, наиболее полно отражающая основные параметры, обеспе-

чивающие максимальное проявление признаков, ради которых растения выращиваются. В настоящее время разработаны модели сортов многих культур, например: персика, инжира, из древесных декоративных растений – яблони, груши, декоративного персика (Ivaschenko et al., 2018; Komar-Tyomnaya, 2018a; Kornilov, Dolmatov, 2016; Shishkina, 2018).

Ранее нами проведена оценка размаха изменчивости генотипов хеномелеса, представленного в коллекции Никитского ботанического сада (Komar-Tyomnaya et al., 2016). В результате изучения морфологических структур, ритма развития и других биологических особенностей хеномелеса для создания признаковой коллекции было выделено 20 декоративных, 11 помологических, 14 биологических и адаптивных, 8 биохимических признаков, имеющих значение для использования хеномелеса в качестве декоративной и плодовой культуры (Komar-Tyomnaya, 2018b).

Цель данной работы – определение критериев модели универсального сорта хеномелеса, предназначенного для озеленения и получения плодовой продукции; отбор сортов, приближающихся к модели по основным хозяйственно ценным признакам; определение корреляции между этими признаками.

Объекты и методы исследований

Для исследования был отобран 21 наиболее ценный генотип хеномелеса из коллекции Никитского ботанического сада. Их оценку проводили на Южном берегу Крыма по стандартной методике сортоизучения (Dolmatov, 1999). Учет морфологических признаков выполняли по методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность хеномелеса (Test methods..., 2013). Определение химического состава плодов проводили по общепринятым методикам (Richter, 1999). Сравнительная оценка сортов и селекционных форм с моделью сорта проводилась методом кластерного анализа с использованием программы Statistica 10. Определение взаимосвязей признаков проводили методом корреляционного анализа.

Результаты и обсуждение

Для сортов хеномелеса универсального назначения (и декоративного и плодового) определены следующие критерии модели сорта по 27 признакам. Куст может быть с разнообразной формой кроны в зависимости от направления использования, без колючек, рано вступающим в плодоношение (на 2-3 год), с длительным периодом глубокого покоя (свыше 100 дней). Цветение среднепозднее (более 70 дней от начала вегетации), обильное (5 баллов), продолжительное (30 дней и более), общая декоративность куста в этот период должна составлять не менее 5 баллов. Цветки обоеполые или женские, диаметр венчика крупный (не менее 40 мм), предпочтительно наличие дополнительных лепестков или полумахровость, окраска разнообразная, ярко выраженная, не выгорающая, оригинальность цветка имеется. Созревание плодов должно быть раннее или среднее во избежание повреждения их ранними осенними заморозками. Урожайность ежегодная, высокая (не менее 4 баллов). Плоды яркой окраски, соответствующей полной зрелости, выровненной формы, достаточно крупные (средней массой более 60 г), с толстой мякотью (более 14 мм), с высоким содержанием мякоти (более 93%), с сильно выраженным ароматом, с очень высоким содержанием аскорбиновой кислоты (5 баллов, т. е. более 200 мг/100 г), с высоким содержанием лейкоантоцианов (4 балла, что соответствует

800–1000 мг/100 г), низким содержанием титруемых кислот (2 балла – 2,1–3,5%), высоким содержанием сахаров (4,1–5,0%), высоким содержанием пектинов (более 1,5%). Плоды должны быть без существенного поражения монилиозом (0 баллов). Для южных регионов с недостаточным количеством осадков в летний период засухоустойчивость должна быть не менее 4 баллов. Аналогично для более северных территорий важнейшим признаком будет зимо(морозо)стойкость (не менее 4 баллов).

Сравнение отобранных для анализа перспективных сортов и селекционных форм хеномелеса с моделью сорта проводили по комплексу 17 базовых признаков (начало, продолжительность и степень цветения, диаметр венчика, наличие дополнительных лепестков, оригинальность цветка, общая декоративность куста, средняя масса плода, толщина мякоти, содержание аскорбиновой кислоты, органических кислот, лейкоантоцианов, урожайность, продолжительность периода покоя, засухоустойчивость, поражаемость монилиозом, отсутствие/наличие колючек). Выявлена степень сходства между этими генотипами и моделью сорта на основе евклидова расстояния. Все объекты объединены в дерево классификации, которое отражено в дендрограмме (рис. 1).

По схожести признаков и их величине наиболее близкими являются генотипы, объединенные в кластеры: 1 – ПХ5/10, ПХ3/13, ПХ4/11, ПХ5/7, 'Мимка'; 2 – 'Ратник', 'Димитрина'; 3 – 'Святковский'; 4 – остальные 12 генотипов.

В первый кластер вошли генотипы с бесколючими кустами, в большинстве характеризующиеся поздним сроком цветения, не выделяющиеся особыми или оригинальными декоративными качествами. Сорта второго кластера сходны по своим помологическим характеристикам, приближающим их к сортам плодового назначения, и в то же время характеризуются высокой общей декоративностью. В самый большой четвертый кластер преимущественно вошли сорта и формы с высокой или повышенной оценкой признаков, формирующих декоративность, хотя отдельные помологические признаки (например, средняя масса плода, содержание некоторых химических компонентов) у них также оценены достаточно высоко. Особняком стоит сорт 'Святковский', у которого количественное выражение признаков, сходное с другими объектами, было минимальным.

По комплексу признаков наиболее близкими к модели универсального сорта (4,44 ед. евклидова расстояния) оказались 7 генотипов: ПХ4/9 (4,25 ед.), 'Самурай' (4,15 ед.), 'Аракс' (4,01 ед.), 'Африканец', 'Шатенка' (3,9 ед.), 'Красавица Мадлен' и 'Розмари' (3,7 ед.). Большинство указанных сортов и форм сходно с моделью по сроку и продолжительности цветения, содержанию аскорбиновой кислоты, засухоустойчивости. 'Шатенка', 'Красавица Мадлен' и 'Розмари' имеют одинаковые с моделью диаметр, оригинальность цветка и общую оценку декоративности куста. 'Самурай', 'Аракс' и 'Красавица Мадлен' совпадают с моделью по средней массе плода, 'Аракс' и 'Шатенка' – по низкому содержанию кислот. Только ПХ4/9 немного превосходит модель по урожайности.

Из наших новых сортов, предназначенных для озеленения, наиболее близко к модели универсального сорта стоит 'Красавица Мадлен' (Komar-Tyomnaya, 2017). Этот сорт прежде всего уступает рассматриваемой модели по наличию колючек, урожайности, степени цветения, зато превосходит по махровости цветка, что повышает его ценность для декоративного садоводства (рис. 2).

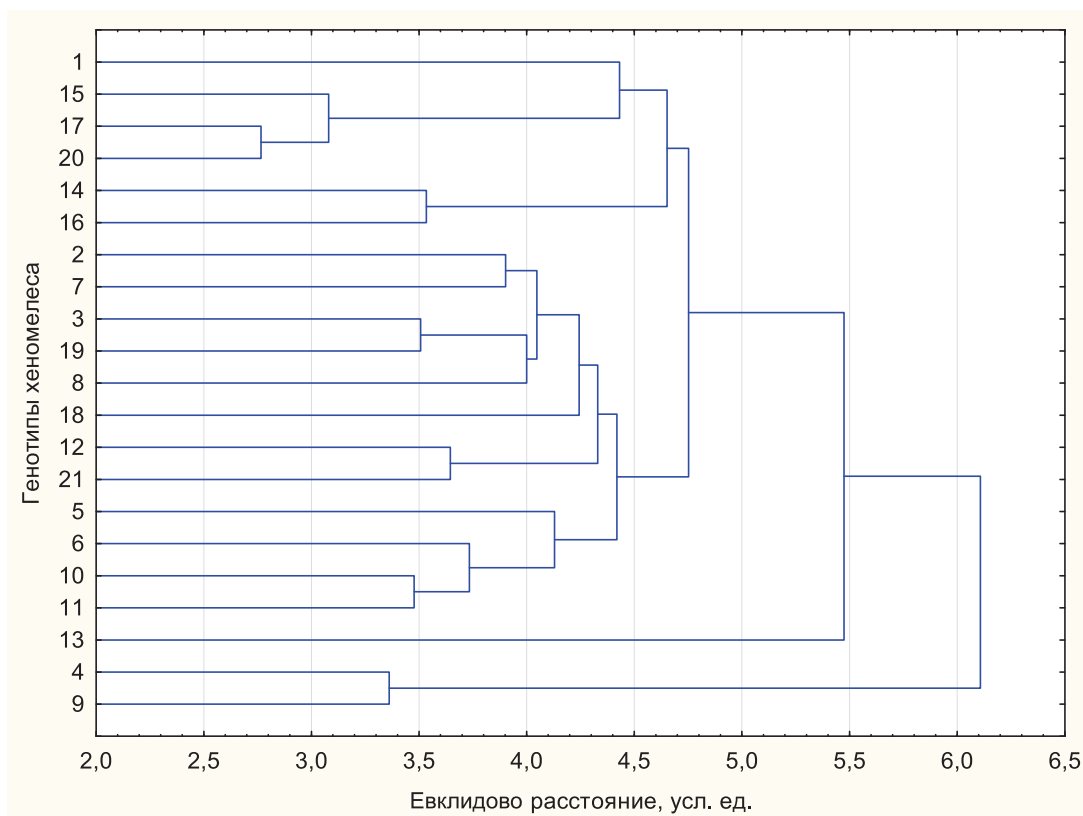


Рисунок 1. Кластерный анализ сходства генотипов хеномелеса с моделью сорта:

1 – Модель сорта, 2 – Африканыч, 3 – Кандея, 4 – Ратник, 5 – Самурай, 6 – Ратибор, 7 – Шатенка, 8 – Аракс, 9 – Димитрина, 10 – Граф де Рамок, 11 – Статс-дама, 12 – Красавица Мадлен, 13 – Святковский, 14 – PX5/7, 15 – PX5/10, 16 – Мимка, 17 – PX3/13, 18 – PX4/9, 19 – PX4/10, 20 – PX4/11, 21 – Розмари

Figure 1. Cluster analysis of the similarity between of the *Chaenomeles* genotypes and the cultivar model:

1 – Cultivar model, 2 – Afrikanych, 3 – Candeya, 4 – Ratnik, 5 – Samuray, 6 – Ratibor, 7 – Shatenka, 8 – Araks, 9 – Dimitrina, 10 – Graf de Ramok, 11 – Stats-Dama, 12 – Krasavitsa Madlen, 13 – Svyatkovy, 14 – PX5/7, 15 – PX5/10, 16 – Mimka, 17 – PX3/3, 18 – PX4/9, 19 – PX4/10, 20 – PX4/11, 21 – Rosemary

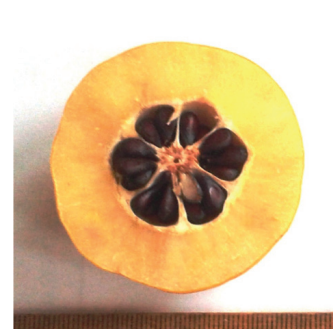
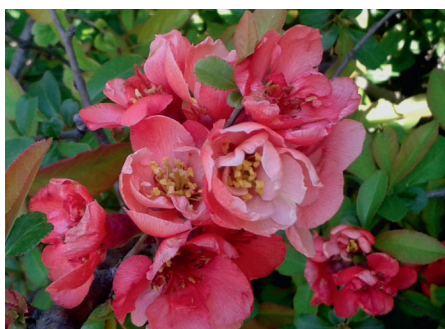


Рис. 2. Сорт хеномелеса 'Красавица Мадлен' в период цветения и плодоношения

Fig. 2. *Chaenomeles* cultivar 'Krasavitsa Madlen' during flowering and fruiting

Коэффициенты парной корреляции между 17 основными хозяйственно ценными признаками выявили различную степень их взаимосвязи (таблица). Было отмечено, что срок начала цветения определяет его продолжительность ($r = -0,9$), зависит от длительности периода покоя ($r = 0,91$) и связан с засухоустойчивостью ($r = -0,5$). Продолжительность цветения коррелирует с периодом покоя ($r = -0,82$), общей декоративностью куста ($r = 0,61$), оригинальностью цветка ($r = 0,46$) и наличием колючек ($r = -0,53$). Прослеживается тенденция влияния степени цветения на диаметр венчика ($r = -0,57$) и оригинальность цветка ($r = -0,46$). Диаметр венчика напрямую определяет оригинальность цветка

($r = 0,83$) и общую декоративность куста ($r = 0,86$). Наличие дополнительных лепестков также является признаком оригинальности цветка ($r = 0,45$). В свою очередь, оригинальность цветка повышает общую декоративность куста ($r = 0,83$). Средняя масса плода связана с толщиной мякоти ($r = 0,48$). Содержание органических кислот в плодах хеномелеса в существенной степени сопряжено с содержанием лейкоантоцианов ($r = 0,61$) и имеет тенденцию оказывать влияние на устойчивость к монилиозу ($r = -0,47$) так же, как и содержание лейкоантоцианов ($r = -0,48$). От длительности периода покоя может зависеть засухоустойчивость растений ($r = -0,50$).

Таблица. Корреляционные связи между хозяйственно ценными признаками хеномелеса**Table.** Correlations among economically useful traits of *Chaenomeles*

Признаки / Traits		Коэффициент корреляции ($r \geq 0,44$ при $P_{0,05}$) Correlation coefficient ($r \geq 0,44$ at $P_{0,05}$)
Начало цветения	Продолжительность цветения	-0,9
	Период покоя	0,91
	Засухоустойчивость	-0,5
Продолжительность цветения	Оригинальность цветка	0,46
	Общая декоративность куста	0,61
	Период покоя	-0,82
	Наличие колючек	-0,53
Степень цветения	Диаметр венчика	-0,57
	Оригинальность цветка	-0,46
Диаметр венчика	Оригинальность цветка	0,83
	Общая декоративность куста	0,86
Наличие дополнительных лепестков	Оригинальность цветка	0,45
Оригинальность цветка	Общая декоративность куста	0,83
Средняя масса плода	Толщина мякоти	0,48
Содержание органических кислот	Содержание лейкоантоцианов	0,61
	Устойчивость к монилиозу	-0,47
Содержание лейкоантоцианов	Устойчивость к монилиозу	-0,48
Период покоя	Засухоустойчивость	-0,50

Выводы

Для сортов хеномелеса универсального назначения определены критерии модели сорта по 27 признакам. По схожести количественного выражения 17 базовых признаков выделено 4 кластера генотипов. По комплексу признаков наиболее близкими к модели универсального сорта (4,44 ед. евклидова расстояния) оказались 5 генотипов: ПХ4/9 (4,25 ед.), 'Самурай' (4,15 ед.), 'Аракс' (4,01 ед.), 'Африканыч', 'Шатенка' (3,9 ед.), 'Красавица Мадлен' и 'Розмари' (3,7 ед.), которые перспективны для дальнейшего использования в производстве и селекции.

Методом корреляционного анализа выявлена различная степень взаимосвязи между базовыми признаками. Наиболее сильная корреляция установлена между началом цветения и продолжительностью цветения ($r = -0,9$), между началом цветения и длительностью периода покоя ($r = 0,91$), между продолжительностью цветения и периода покоя ($r = -0,82$), между диаметром венчика, оригинальностью цветка ($r = 0,83$) и общей декоративностью куста ($r = 0,86$). Тенденция к зависимости отмечена для 12 пар признаков (r от 0,46 до 0,61). Полученные сведения позволят более целенаправленно вести отбор исходных родительских сортов для гибридизации и повысить эффективность селекционного процесса.

References / Литература

Dolmatov E.A. *Chaenomeles*. In: E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova (eds) *Program and methods of variety research for fruit, berry and nut crops*. Orel; 1999. p.473-480. [in Russian] (Долматов Е.А. Хеномелес. В кн.: *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных*

и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел, 1999. С.473-480).

Ivaschenko Yu.A., Smykov A.V., Fedorova O.S. Definition of criteria for a model cultivar and comparative assessment of introduced peach cultivars (Opredeleniye kriteriyev modeli sorta i sravnitel'naya otsenka introdutsirovannykh sortov persika). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2018;54:41-46. [in Russian] (Иващенко Ю.А., Смыков А.В., Федорова О.С. Определение критериев модели сорта и сравнительная оценка интродуцированных сортов персика. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2018;54:41-46).

Komar-Tyomnaya L.D. *Chaenomeles* Lindl. Cv. Krasavitsa Madlen. Russian Federation; breeding achievement patent number: 9399; 2017. [in Russian] (Комар-Тёмная Л.Д. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.) Сорт Красавица Мадлен. Российская Федерация; патент на селекционное достижение № 9399; 2017).

Komar-Tyomnaya L.D. Characteristics of the *Chaenomeles* trait collection. *Bulletin of the Botanical Garden-Institute FEB RAS*. 2018b;20:52-64. [in Russian] (Комар-Тёмная Л.Д. Характеристика признаковой коллекции хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.). *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2018b;20:52-64). DOI: 10.17581/bbgi2005

Komar-Tyomnaya L.D. Criteria of the model and comparative evaluation of ornamental peach cultivars in connection with breeding. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018a;4(73):104-107. [in Russian] (Комар-Тёмная Л.Д. Критерии модели и сравнительная оценка сортов декоративного персика в связи с селекцией. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018a;4(73):104-107). DOI: 10.21515/1999-1703-73-104-107

- Komar-Tyomnaya L.D., Paliy A., Richter A. Strategy of *Chaenomeles* selection based on the chemical composition of fruits. *Acta Horticulturae*. 2016;1139:617-622. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1139.106
- Kornilov B.B., Dolmatov E.A. Ornamental apple and pear and a perfect cultivar model of these crops for the temperate zone of Russia. *Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops*. 2016;3:71-74. [in Russian] (Корнилов Б.Б., Долматов Е.А. Декоративные формы яблони и груши и модель идеального сорта этих культур для Средней полосы России. *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2016;3:71-74).
- Mezhensky V.N. The pomological value of Japanese Quinces ornamental cultivars. *Contemporary Horticulture*. 2010;1(1):25-28. [in Russian] (Меженский В.Н. Помологическая ценность декоративных сортов хеномелеса. *Современное садоводство*. 2010;1(1):25-28).
- Richter A.A. The use of biochemical traits in breeding relationships. *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 1999;118:121-129. [in Russian] (Рихтер А.А. Использование в селекции взаимосвязей биохимических признаков. *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 1999;118:121-129).
- Shishkina E.L. Comparative rating of the fig cultivars with a cultivar model. *Bulletin of the State Nikita Botanical Gardens*. 2018;127:101-107. [in Russian] (Шишкина Е.Л. Сравнительная оценка сортов инжира с моделью сорта. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2018;127:101-107). DOI: 10.25684/NBG.boolt.127.2018.14
- Test methods for distinctness, uniformity and stability. *Chaenomeles* Lindl. RTG/1119/1. [in Russian] (Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.). RTG/1119/1. URL: <http://www.gossort.com/22-metodiki-ispytaniy-na-oos.html/> [дата обращения: 15.10.2013].

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Комар-Тёмная Л.Д. Критерии модели сорта и взаимосвязи хозяйственно ценных признаков хеномелеса в связи с селекцией. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):71-75. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-71-75

Komar-Tyomnaya L.D.. Criteria of the cultivar model and interrelations among economically useful characteristics of *Chaenomeles* in connection with breeding. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):71-75. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-71-75

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-71-75>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

СТРУКТУРА СИБИРСКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ФЛОРЫ ЛЕСОСТЕПЕЙ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-76-81

УДК 581.93 (571.51)

Поступление/Received: 22.05.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

Е. М. АНТИПОВА

Красноярский государственный педагогический
университет имени В.П. Астафьева
660049 Россия, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89;
✉ katusha05@bk.ru

THE STRUCTURE OF THE SIBERIAN GEOGRAPHICAL
FLORAL ELEMENT IN THE MIDDLE SIBERIAN
FOREST STEPPES

Е. М. ANTIPOVA

V.P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University,
89 Ady Lebedevoy St., Krasnoyarsk 660049, Russia;
✉ katusha05@bk.ru

Актуальность. Конечной целью изучения любой флоры является выяснение истории становления видового многообразия исследуемого региона, определения степени его самобытности и флористических связей с другими территориями. В результате анализа ареалов таксонов устанавливаются генетические группы и выясняются закономерности формирования флоры. **Материал и методика.** Типы ареалов выделяли на основе концепции фитохорионов Н. Н. Портениера. В качестве практической основы использовали флористическое районирование А. Л. Тахтаджяна, Л. И. Малышева и Р. В. Камелина. Было заложено и обследовано 26 локальных флор (ЛФ): по пять в Ачинской и Красноярской лесостепях, 16 – в Канской. Территория среднесибирских лесостепей входит в Алтай-Енисейскую оро-гемибореальную провинцию. Наименования географических элементов были составлены из названий нескольких фитохорионов, в которых они были зарегистрированы. **Результаты и выводы.** Согласно концепции фитохорионов предполагается соответствие распространения видов флоры ботанико-географическому районированию Земли. Локальные флоры представляют основное разнообразие парциальных флор в окрестностях географических пунктов, так как изучение ЛФ предполагает выявление всего разнообразия экотопов, списочного состава видов каждого типа экотопа. В составе сибирского географического элемента бореальной группы выделено 10 типов ареалов по названиям подобластей и провинций (154 вида, 11,12%): Аркто-Сибирский, Западносибирско-Северовосточносибирский, Западносибирско-Алтае-Енисейско-Восточносибирский, Западносибирско-Алтае-Енисейско-Байкальский, Западносибирско-Алтае-Енисейский, Алтае-Енисейский, Алтае-Енисейско-Байкальский, Аркто-Алтае-Енисейско-Байкальский, Алтае-Енисейско-Северовосточносибирский, Алтае-Енисейско-Восточносибирский. Типы ареалов объединены в четыре более крупные подгруппы – собственно сибирскую, западносибирскую, среднесибирскую, восточносибирскую. Во всех трех лесостепях сибирский географический элемент занимает третье место после евросибирского и циркумбореального. Сибирские элементы во флоре среднесибирских лесостепей составляют 11%, среди которых преобладают среднесибирские – 4,4% (61 вид), что связано с географическим положением флоры. Доля собственно сибирских видов составляет 3,25% (45 видов), затем следуют восточносибирские виды (2,24%, 31 вид) и западносибирские (1,23%, 17 видов).

Ключевые слова: хорологический анализ, концепция фитохорионов, типы ареалов, локальные флоры, флористическое районирование, Красноярская лесостепь, Канская лесостепь, Ачинская лесостепь, Голарктика.

Background. The ultimate goal of studies of any flora is the clarification of the history of vegetation cover and individual taxa formation in the studied region, determination of the degree of its individuality, of floristic links with other territories, and of regularities in flora formation. **Materials and methods.** The flora of vascular plants in the island forest steppes of Middle Siberia, i. e. of the Krasnoyarsk, Kansk and Achinsk forest steppes, identified by the specific floras method of A. I. Tolmachev, was chosen as the object of research. The purpose of the paper was to study the structure of the Siberian geographical element in the steppe flora, characteristics of the types of constituent distribution areas selected on the basis of the phytochorion concept. The basis for determining the types of habitats was the planetary regionalization scheme by A. L. Takhtajan, complemented by statistical convergent zonation for Siberia by L. I. Malyshev, and for the Russian Far East by R. V. Kamelin. **Results.** The territory of the Middle Siberian forest steppes is a part of the Altai-Yenisei Province. The Krasnoyarsk, Kansk and Achinsk forest steppes (Krasnoyarsk Territory) are the most northern parts of the region (55°28'–57°28'N, 89°–96°40'E). Twenty-six local floras were examined. Ten distribution area types were identified within the Siberian geographical element of the boreal group according to the names of sub-regions and provinces (154 species, 11.12%), limiting their distribution from West to East or from East to West, including all intermediate Siberian provinces between them. All types of distribution areas were combined into four large subgroups, namely Siberian, West Siberian, Middle Siberian, and East Siberian. Names of geographical elements were composed from the names of several phytochoria, in which they had been registered, according to the rules by M. G. Popov. **Conclusions.** The Siberian geographical element rates third in all three forest steppes after the Euro-Siberian and Circumboreal geographical elements. In the flora of the Middle Siberian forest steppes Siberian elements amount to 11%, among which the Middle Siberian ones prevail (4.4%, 61 species) due to the geographical position of the flora. The fraction of species distributed throughout Siberia is 3.25% (45 species), followed by East Siberian species (2.24%, 31 species) and West Siberian ones (1.23%, 17 species).

Key words: chorological analysis; phytochorion concept; distribution area types; local floras; floristic zoning; Krasnoyarsk forest steppe; Kansk forest steppe; Achinsk forest steppe; Siberia; Holarctics.

Введение

Лесостепи, находясь на стыке лесов и степей, представляют особую проблему при выявлении границ флористических выделов, при поиске лесных и степных элементов. Данный тип растительности почти всегда очень пестр и разнообразен, обогащаясь внедряемыми географическими элементами, находящимися внутри лесостепей подходящие условия для существования.

Очень смешанная картина в структуре растительности часто не дает флористам возможности для поиска границ естественных флористических выделов. Усложнение в решении этих задач возникает и по причине сложности рельефа исследованного района, когда в общую структуру видового богатства внедряются соседствующие элементы, обитатели экспозиционных участков. Благодаря подобным рельефным усложнениям, часто создаются условия, способствующие изоляции отдельных популяций и ведущие к обогащению того или иного района эндемиками.

Конечной целью изучения любой флоры является выявление ее происхождения в изучаемом регионе,

определение степени самобытности и связей с флорами других территорий, выяснение генезиса отдельных таксонов. История становления видов неразрывно связана с изучением их ареалов. Поэтому географический анализ является одной из наиболее важных характеристик при изучении любой флоры (Tolmachev, 1974).

Впервые северные лесостепи были выделены на картах растительности России С. И. Коржинским (Korzinsky, 1899). Несмотря на то что на картах лесостепи были изображены не совсем точно из-за отсутствия необходимых сведений, С. И. Коржинским впервые, а впоследствии и Г. И. Танфильевым (Tanfilev, 1902) степи и лесостепи Средней Сибири были отмечены территориально разобщенными на отдельные районы. Позже А. Я. Тугариновым (Tugarinov, 1925), а впоследствии и Л. М. Черепниным (Cherepnin, 1957) северные лесостепи Средней Сибири рассматривались как зональное явление и были включены в отдельную ландшафтную зону. На составленной карте «Ландшафтные зоны и внутриландшафтные районы Енисейской губернии» были выделены Канский, Красноярский и Ачинский северный лесостепные районы (рисунк).



Рисунок. Ландшафтные зоны и внутриландшафтные районы Енисейской Губернии (по Тугаринову, 1925)

- 1 – Ачинский северный район; 2 – Красноярский район; 3 – Канский район; 4 – Енисейско-Чулымская лесостепь; 5 – Енисейский кряж; 6 – Солгонский кряж; 7 – лесные районы Восточного Саяна

Figure. Landscape zones and interlandscape areas of the Yenisei Province (according to Tugarinov, 1925)

- 1 – North-Achinsk region; 2 – Krasnoyarsk region; 3 – Kansk region; 4 – Yenisei-Chulim forest steppes; 5 – Yenisei Ridge; 6 – Solgon Ridge; 7 – East Sayany forest regions

По последнему флористическому районированию Сибири территория входит в Алтае-Енисейскую орогемибореальную провинцию (Malyshev et al., 2000, p. 8, p. 10, Fig. 3) между 55°28' с. ш. – 57°28' с. ш. и 89° – 96°40' в. д. на стыке трех тектонических структур: Западно-Сибирской низменности, Алтае-Саянской горной страны и Средне-сибирского плоскогорья (Antipova, 2012a). Между собою отдельные лесостепные острова разобщены Кемчугским плато на западе, отрогами Енисейского кряжа и Восточного Саяна на востоке, занимая полосу контакта равнин-

ных и горных пространств. Наименьшие размеры имеет Ачинская лесостепь, наибольшая – Канская. Общая площадь островов лесостепей составляет 27,5 тыс. кв. км, непрерывная полоса вместе с окружающей их подтайгой – 54,5 тыс. кв. км.

Поскольку до сих пор нет единой общепринятой классификации географических элементов, целесообразно разработать классификационную схему в зависимости от специфики объекта, географического положения флоры, анализа и целей исследования.

Целью работы явилось обобщение материалов по структуре сибирского географического элемента флоры северных лесостепных экосистем Средней Сибири с характеристикой составляющих его типов ареалов, выделенных на основе концепции фитохорионов.

Объекты и методы исследований

Базой для определения географической структуры флоры северных лесостепей явилась гербарная коллекция (KRAS), собранная в границах исследованных лесостепей с 1985 г. Объектом исследования стал конспект флоры среднесибирских лесостепей, составленный по материалам многолетних экспедиционных исследований. Видовой состав выявлялся при изучении 26 локальных флор (ЛФ), заложенных равномерно на территории островных лесостепей Средней Сибири. Пробы флоры изучались согласно методу конкретных флор А. И. Толмачева (Tolmachev, 1931). В результате получены и обработаны сведения о 1566 видах сосудистых растений, относящихся к 519 родам и 112 семействам. Около 180 видов были исключены из анализа по разным причинам:

- виды, известные для флоры северных лесостепей по публикациям и сообщениям, но не подтвержденные гербарным материалом и многолетними наблюдениями в природе;
- таксоны, которые приводились для региона на основании ошибочного определения растений;
- из-за некорректного цитирования более ранних публикаций, неверного указания места сбора на гербарной этикетке, путаницы этикеток;
- культурные виды, собранные однажды более 50 лет назад, очевидно не натурализовавшиеся и не расселившиеся;
- виды, которые исключаются из флоры северных лесостепей Средней Сибири в результате критических ревидиз родов монографами.

Вопросам методики выделения географических элементов флоры северных лесостепей Средней Сибири уже был посвящен ряд статей (Antipova, 2012b; 2018). В основу классификации географических элементов были положены принципы концепции фитохорионов (Portenier, 2000a, p. 78–82; 2000b, p. 26–27). В качестве практической основы для составления системы географических элементов исследуемой флоры были взяты современное глобальное районирование А. Л. Тахтаджяна (Takhtajan, 1978), флористическое районирование Сибирского региона Л. И. Малышева и др. (Malyshev et al., 2000), Российского Дальнего Востока Р. В. Камелина (Kamelin, 2002). Учитывались и геоботанические районирования различных территорий (Lavrenko, 1948) для определения веса видов в структуре сообществ различных фитохорий. Географические элементы выделялись на основе современного распространения видов, поскольку хориономическое деление основывается на современной флоре, а не на ее истории (Takhtajan, 1978). А. И. Толмачев (Tolmachev, 1986) рекомендует учитывать кроме современного распространения видов и их исторические ареалы. После соотношения общего географического распространения видов с выделами флористического районирования были определены типы ареалов.

Согласно концепции фитохорионов, типы ареалов должны соответствовать выделам ботанико-географического (флористического) районирования Земли (Portenier, 2000a; 2000b; Ryabovol, Antipova, 2008).

Согласно М. Г. Попову (Попов, 1970), названия географических элементов составлены из названий нескольких фитохорионов, которые они охватывают. Фрагмент

системы фитохорионов Палеарктики, на базе которой непосредственно строится номенклатура географических элементов флоры северных лесостепей Средней Сибири, представляется следующим образом (Antipova, 2013).

Голарктическое царство

– Бореальное подцарство

- Циркумбореальная область
 - Северосибирская арктико-гипарктическая подобласть
 - Сибирская арктико-гипарктическая провинция
 - Сибирская северо-восточная оро-гипарктическая провинция
 - Западносибирская подобласть
 - Уральско-Западносибирская бореальная провинция
 - Западносибирская гемибореальная провинция
 - Среднесибирская подобласть
 - Алтае-Енисейская оро-гемибореальная провинция
 - Восточносибирская подобласть
 - Тунгусско-Ленская бореальная провинция
 - Байкальская гемибореальная провинция

– Восточноазиатское (Катайское) подцарство

- Сино-Японская область
 - Японо-Корейская провинция
 - Северокитайская провинция

– Древнесредиземноморское (Тетисовое) подцарство

- Центральнаяазиатская подобласть
 - Джунгаро-Тяньшанская провинция
 - Монгольская провинция

При данном подходе предполагается, что географический элемент составляют характерные представители флоры и растительности того фитохориона, на территории которого они находят оптимум жизненных условий и имеют основную часть своего ареала.

Результаты исследований и их обсуждение

После детального ознакомления с конфигурацией ареалов всех видов флоры было выявлено наибольшее их количество в пределах Бореального подцарства Голарктики (54,3%) и Евросибирской области (27,7%), с чем и связано подробное рассмотрение географических элементов бореальной группы (Antipova, 2016, p. 31). В составе бореальной хронологической группы объединены виды 4 географических элементов – циркумбореального, евросибирского, понтико-южносибирского и сибирского. Типы ареалов в их составе охватывают почти все области Бореального подцарства Голарктики в обоих полушариях Земли.

В результате проделанной работы в составе сибирского географического элемента было выделено 10 типов ареалов по названиям подобластей и провинций (таблица), определяющих их распространение с запада на восток или с востока на запад, включая все промежуточные между ними сибирские провинции (Malyshev et al., 2000; Kamelin, 2002).

Аркто-Сибирский тип ареала объединяет 9 видов. Они распространены главным образом на территории сибирских провинций Арктической области и большей части азиатских горных провинций Циркумбореальной области. Часть этих видов проникает на северо-восток Европы в Североевропейскую провинцию. К Аркто-Сибирским отнесены лесные (*Salix jenisseensis* (F.W. Schmidt) Flod., *S. pyrolifolia* Ledeb., *S. rhamnifolia* Pall., *Carex redowskiana* C.A. Mey., *Geranium krylovii* Tzvel.); до-

Таблица. Географический спектр флоры среднесибирских лесостепей
Table. Geographical range of the flora of the Middle Siberian forest steppes

Хорологическая группа, географический элемент, тип ареала Chorological group, geographical element, distribution area type	Количество видов Species number				
	Флора вся Total flora		Красноярская лесостепь Krasnoyarsk forest steppe	Канская лесостепь Kansk forest steppe	Ачинская лесостепь Achinsk forest steppe
	Число видов Species number	% от всей флоры % of total flora			
Бореальная группа Boreal group	752	54.3	637	605	436
4. Сибирский географический элемент 4. Siberian geographical element	154	11.1	115/18	108/17.9	52/11.9
<i>Собственно сибирский</i> Siberian proper	45	3.25	36/31.3	39/36.1	23/44.2
4.1. Аркто-Сибирский 4.1. Arctic-Siberian	9	0.65	5/4.35	8/7.41	4/7.69
4.2. Западносибирско-Северо- восточносибирский 4.2. West Siberian-North-East Siberian	16	1.16	15/13.0	16/14.8	8/15.4
4.3. Западносибирско-Алтае-Енисейско- Восточносибирский 4.3. West Siberian-Altai-Yenisei-East Siberian	9	0.65	8/6.96	7/6.48	6/11.54
4.4. Западносибирско-Алтае-Енисейско- Байкальский 4.4. West Siberian-Altai-Yenisei-Baikal	11	0.79	8/6.96	8/7.41	5/9.62
<i>Западносибирский</i> West Siberian	17	1.25	13/11.3	9/8.3	9/17.3
4.5. Западносибирско-Алтае-Енисейский 4.5. West Siberian-Altai-Yenisei	17	1.23	13/11.3	9/8.3	9/17.3
<i>Среднесибирский</i> Middle Siberian	61	4.40	40/34.8	35/32.4	13/25
4.6. Алтае-Енисейский 4.6. Altai-Yenisei	18	1.30	13/11.3	7/6.48	5/9.62
4.7. Алтае-Енисейско-Байкальский 4.7. Altai-Yenisei-Baikal	33	2.38	20/17.4	20/18.5	2/3.85
4.8. Аркто-Алтае-Енисейско-Байкальский 4.8. Arctic-Altai-Yenisei-Baikal	10	0.72	7/6.09	8/7.4	6/11.5
<i>Восточносибирский</i> East Siberian	31	2.24	26/22.6	25/23.1	7/13.5
4.9. Алтае-Енисейско-Северо- восточносибирский 4.9. Altai-Yenisei-Northeast Siberian	11	0.79	10/8.7	9/8.3	3/5.77
4.10. Алтае-Енисейско-Восточносибирский 4.10. Altai-Yenisei-East Siberian	20	1.44	16/13.9	16/14.8	4/7.69

линно-луговые, водно-болотные и приустьевые (*Rumex protractus* Rech. fil., *Salix saposhnikovii* A.K. Skvorts., *Petasites radiatus* (J.F. Gmel.) Toman); некоторые горно-степные (*Phlox sibirica* L.) виды.

Западносибирско-Северовосточносибирский тип ареала имеют 16 видов. Виды этого географического типа обычны на востоке России в пределах Сибирской северо-восточной оро-гипарктической провинции и достигают своим распространением берегов Яны, Индигирки и Колымы, на юго-западе – в провинциях Южной Сибири до горных степей Алтае-Саянской горной страны (*Sofianthe sibirica* (L.) Tzvel., *Astragalus inopinatus* Boriss., *Leontopodium conglobatum* (Turcz.) Hand.-Mazz.).

Западносибирско-Алтае-Енисейско-Восточносибирский тип ареала характерен для 9 видов флоры.

Распространение относимых сюда видов охватывает территории Западносибирской и Алтае-Енисейской провинций и провинции Восточносибирской подобласти. Изредка эти виды заходят в Северную Монголию, очень редко – на Урал (*Otites jenssenensis* Klokov, *Convolvulus chinensis* Ker-Gawl., *Heteropappus biennis* (Ledeb.) Tamamsch. ex Grubov, *Viola uniflora* L., *Cimicifuga foetida* L.).

Западносибирско-Алтае-Енисейско-Байкальский тип ареала представлен во флоре 11 видами. Ареалы данных видов приурочены к Западносибирской и Байкальской гемибореальным провинциям и расположенной между ними Алтае-Енисейской оро-гемибореальной провинции. Редко Западносибирско-Байкальские виды проникают в Уральско-Западносибирскую провинцию на западе и в Северную Монголию на юге. За-

падносибирско-Байкальскими являются *Euphorbia jennisensis* Baikov, *Ranunculus submarginatus* Ovcz., *Corydalis bracteata* (Steph.) Pers., *Taraxacum pratense* Krasnikov, *T. longicorne* Dahlst., *Pedicularis sibirica* Vved.

Западносибирско-Алтае-Енисейский тип ареала имеют 17 видов. Они распространены на территории юга Западной и Средней Сибири в пределах Западносибирской гемибореальной и Алтае-Енисейской оро-гемибореальной провинций. Некоторые виды проникают дальше на запад (до Урала), север (в Тунгусско-Ленскую провинцию) и юг (в Монголию). К Западносибирско-Алтае-Енисейским отнесены *Hieracium veresczaginii* Schischk. et Serg., *Taraxacum polozhiae* Kurbatsk., *Anemonoides caerulea* (DC.) Holub, *Alchemilla hians* Juz., *Oxytropis campanulata* Vassilcz., *Delphinium retropilosum* (Huth) Sambuk.

Алтае-Енисейский тип ареала объединяет 18 видов, которые являются эндемиками и субэндемиками Алтае-Енисейской провинции. Типичными представителями этого элемента являются *Adenophora gmelinii* subsp. *subjennisensis* Kurbatsk., *Leymus chakassicus* Peschkova, *Papaver chakassicum* Peschkova, *Trapa longicornis* V.N. Vassil., *Oxytropis nuda* Basil.

Алтае-Енисейско-Байкальский тип ареала характерен для 33 видов, распространение которых в Южной Сибири находится в Алтае-Енисейской и Байкальской оро-гемибореальных провинциях. Очень редко они проникают чуть севернее в прилегающую Тунгусско-Ленскую провинцию и чуть западнее – в Западносибирскую провинцию, значительно чаще заходят далее на юг в прилегающие территории Северной Монголии, входящие в Алтае-Саянскую и Забайкальскую провинции хориономической системы А. Л. Тахтаджяна (Takhtajan, 1978). К Алтае-Енисейско-Байкальским отнесены *Thephroseris porphyrantha* (Schischk.) Holub, *Hieracium krylovii* Nevski ex Schljakov, *H. czamyjashense* Tupitz., *Kochia angustifolia* (Turcz.) Peschkova, *Lathyrus frolovii* Rupr., *Astragalus ionae* Palib., *Stellaria cherleriae* (Fisch. et Ser.) F.N. Williams, *Scorzonera curvata* (Popl.) Lipsch., *Thymus minussinensis* Serg., *Helictotrichon altaicum* Tzvelev, *Salix kochiana* Trautv.

Аркто-Алтае-Енисейско-Байкальский тип ареала объединяет 10 видов. Распространены преимущественно в Арктической области (Северосибирской арктико-гипарктической подобласти), Алтае-Енисейской и Байкальской провинциях, на юге эти виды заходят иногда в Северную Монголию, на западе очень редко достигают Урала (*Aconitum baicalense* Turcz. ex Rapaics, *Trisetum altaicum* Roshev, *Anemonoides reflexa* (Steph.) Holub, *A. jennisensis* (Korsh.) Holub, *Pedicularis incarnata* L., *Oxytropis candicans* (Pall.) DC., *Crepis lyrata* (L.) Froel.).

Алтае-Енисейско-Восточносибирский тип ареала имеют 20 видов. Распространение видов охватывает Алтае-Енисейскую и Байкальскую гемибореальные, Тунгусско-Ленскую бореальную провинции Восточносибирской подобласти Л. И. Малышева и др. (Malyshev et al., 2000), на юге они проникают в Северную Монголию (*Elymus transbaicalensis* (Nevski) Tzvelev, *Anemonastrum crinitum* (Juz.) Holub, *Aconitum ambiquum* Rchb., *Primula serrata* Georgi, *Hedysarum setigerum* Turcz. ex Fisch. et C.A. Mey.).

Алтае-Енисейско-Северовосточносибирский тип ареала представлен во флоре 11 видами. Распространение видов данного типа ареала охватывает территорию от Среднесибирской до Северо-Восточносибирской подобласти (Malyshev et al., 2000). Типичными представителями этого элемента являются *Salix pseudopentandra* Flod., *Kobresia filifolia* (Turcz.) C.B. Clarke, *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova, *Leontopodium conglobatum* (Turcz.) Hand.-Mazz.

Выводы

Сибирские элементы во флоре северных лесостепей составляют 11%, среди которых преобладают среднесибирские – Алтае-Енисейские, Алтае-Енисейско-Байкальские и т. д. – 4,4% (61 вид). Доля собственно сибирских видов составляет 3,25% (45 видов), затем следуют восточносибирские виды (2,24%, 31 вид) и западносибирские (1,23%, 17 видов).

Доля типов ареалов, связанных с северными территориями Арктической флористической области, в сибирском географическом элементе ниже, чем в евросибирском (0,7% против 1,9%).

Необходимо отметить, что большинство типов ареалов, входящих в сибирский географический элемент, на юге охватывают прилегающие территории Северной Монголии, которые не входят в районирование Л. И. Малышева (Malyshev et al., 2000). Это подразумевает расширение границ данного районирования в Южной Сибири с включением территории Северной Монголии.

Во всех трех лесостепях сибирский географический элемент занимает третье место после евросибирского и циркумбореального (Antipova, 2016). В Красноярской лесостепи преобладают среднесибирские типы ареалов (31,3%), тогда как в Канской и Ачинской лесостепях ведущими являются собственно сибирские (36,1% и 44,2% соответственно), среднесибирские (32,4% и 25%) – на втором месте. Красноярская лесостепь занимает срединное положение между Канской и Ачинской лесостепями, и в ней преобладают долготные миграции, способствующие обогащению флоры южными среднесибирскими элементами, тогда как в Канской и Ачинской лесостепях преобладающими являются широтные миграции видов, что и отражается на составе ведущих типов ареалов. Третье место в Красноярской (22,1%) и Канской (23,1%) лесостепях занимают восточносибирские типы ареалов, тогда как в Ачинской – западносибирский (17,3%), доказывая тем самым существование в Средней Сибири ботанико-географического рубежа между Западной и Восточной Палеарктикой.

В Красноярской и Канской лесостепях соотношение ведущих типов ареалов во флорах однотипно: Алтае-Енисейский (17,4% и 18,5%), Алтае-Енисейско-Восточносибирский (13,9% и 14,8%) и Западносибирско-Северовосточносибирский (13,0% и 14,8%). В Ачинской лесостепи преобладает Западносибирско-Алтае-Енисейский тип ареала (17,3%), большую роль, чем в Красноярской и Канской лесостепях, играет Западносибирско-Северовосточносибирский (15,4%), на третьем месте – Западносибирско-Алтае-Енисейско-Восточносибирский и Аркто-Алтае-Енисейско-Байкальский (по 11,5%).

References/Литература

- Antipova E.M. Flora of the inland forest-steppes of Middle Siberia (Flora vnutrikontinentalnykh lesostepей Sredney Sibiri). Krasnoyarsk; 2012a. [in Russian] (Антипова Е.М. Флора внутриконтинентальных лесостепей Средней Сибири. Красноярск; 2012a).
- Antipova E.M. Methodological issues of flora geographical element allocation in the Central Siberia forest-steppe ecosystems (Metodicheskiye voprosy vydeleniya geograficheskikh elementov flory lesostepnykh ekosistem Sredney Sibiri). *Vestnik KrasGAU = Bulletin of Krasnoyarsk State Agricultural University*. 2012b;(3):78-84. [in Russian] (Антипова Е.М. Методические вопросы выделения географических элементов флоры лесостепных экосистем Средней Сибири. *Вестник КрасГАУ*. 2012b;(3):78-84).
- Antipova E.M. The Euro-Siberian geographical element flora structure of the Middle Siberia forest-steppes (Struktura

- yevrosibirskogo geograficheskogo elementa flory lesostepnykh ekosistem Sredney Sibiri). *Samarsky nauchnyy vestnik* = *Samara Scientific Bulletin*. 2018;7(1):15-19. [in Russian] [Антипова Е.М. Структура евросибирского географического элемента флоры лесостепных экосистем Средней Сибири. *Самарский научный вестник*. 2018;7(1):15-19].
- Antipova E.M. Vegetation of northern forest steppes in Middle Siberia (Rastitelnost severnykh lesostepey Sredney Sibiri). Krasnoyarsk: KSPU; 2016. [in Russian] [Антипова Е.М. Растительность северных лесостепей Средней Сибири. Красноярск: КГПУ; 2016].
- Cherepnin L.M. The flora of the southern part of Krasnoyarsk Territory (Flora yuzhnoy chasti Krasnoyarskogo kraya). Vol. 1. Krasnoyarsk: KSPI; 1957. [in Russian] [Черепнин Л.М. Флора южной части Красноярского края. Т. 1. Красноярск: КГПИ; 1957].
- Kamelin R.V. The most important features of vascular plants and floristic zoning of Russia (Vazhneyshye osobennosti sosudistykh rasteniy i floristicheskoye rayonirovaniye Rossii). In: *Problems of botany in southern Siberia and Mongolia (Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii)*. Barnaul: AzBuka; 2002. p.36-41. [in Russian] [Камелин Р.В. Важнейшие особенности сосудистых растений и флористическое районирование России. В кн.: *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. Барнаул: АзБука; 2002. С.36-41].
- Korzhinsky S.I. Vegetation of Russia (with the map) (Rastitelnost Rossii [s kartoy]). In: *Brockhaus and Efron Encyclopedic Dictionary*. Vol. 54. St. Petersburg; 1899. p.42-54. [in Russian] [Коржинский С.И. Растительность России (с картой). В кн.: *Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона*. Т. 54. Санкт-Петербург; 1899. С.42-54].
- Lavrenko E.M. On the principles of the Palearctic geobotanical partitioning (O printsipakh botaniko-geograficheskogo raschleneniya Palearktiki). *Botanicheskii zhurnal* = *Botanical Journal*. 1948;33(1):157. [in Russian] [Лавренко Е.М. О принципах ботанико-географического расчленения Палеарктики. *Ботанический журнал*. 1948;33(1):157].
- Malyshev L.I., Baikov K.S., Doronkin V.M. Floristic division of the Asian part of Russia on the basis of quantitative traits (Floristicheskoye deleniye Aziatskoy Rossii na osnove kolichestvennykh priznakov). *Krylovia*. 2000;2(1):3-16. [in Russian] [Малышев Л.И., Байков К.С., Доронкин В.М. Флористическое деление Азиатской России на основе количественных признаков. *Krylovia*. 2000;2(1):3-16].
- Popov M.G. Plant distribution areas in the framework of natural zoning of the Earth (Arealny rasteniy v ramkakh prirodnogo rayonirovaniya Zemli). In: *Sedges of Sakhalin and Kuril Islands (Osoki Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov)*. Moscow: Nauka; 1970. p.5-13. [in Russian] [Попов М.Г. Ареалы растений в рамках природного районирования Земли. В кн.: *Осоки Сахалина и Курильских островов*. Москва: Наука; 1970. С.5-13].
- Portenier N.N. Methodological issues of geographical elements identification in the Caucasian flora (Metodicheskiye voprosy vydeleniya geograficheskikh elementov flory Kavkaza). *Botanicheskii zhurnal* = *Botanical Journal*. 2000a;85(6):76-84. [in Russian] [Портениер Н.Н. Методические вопросы выделения географических элементов флоры Кавказа. *Ботанический журнал*. 2000a;85(6):76-84].
- Portenier N.N. Systems of geographical elements in the Caucasian flora (Sistemy geograficheskikh elementov flory Kavkaza). *Botanicheskii zhurnal* = *Botanical Journal*. 2000b;85(9):26-33. [in Russian] [Портениер Н.Н. Системы географических элементов флоры Кавказа. *Ботанический журнал*. 2000b;85(9):26-33].
- Ryabov S.V., Antipova E.M. Chorological structure of Krasnoyarsk flora (Khorologicheskaya struktura flory g. Krasnoyarska). *Vestnik KrasGAU* = *Bulletin of Krasnoyarsk State Agricultural University*. 2008;(2):119-127. [in Russian] [Рябов С.В., Антипова Е.М. Хорологическая структура флоры г. Красноярск. *Вестник КрасГАУ*. 2008;(2):119-127].
- Takhtajan A.L. Floristic regions of the Earth (Floristicheskoye oblasti Zemli). Leningrad: Nauka; 1978. [in Russian] [Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Ленинград: Наука; 1978].
- Tanfilev G.I. The scheme of botanical and geographical regions of Russia (Skhema botaniko-geograficheskikh oblastey Rossii). In: *The main features of the vegetation of Russia (Glavneyshye cherty rastitelnosti Rossii)*. St. Petersburg; 1902. p.430-432. [in Russian] [Танфильев Г.И. Схема ботанико-географических областей России. В кн.: *Главнейшие черты растительности России*. Санкт-Петербург; 1902. С.430-432].
- Tolmachev A.I. To the method of the comparative floristic research. The concept of flora in comparative floristry (K metodike sravnitelno-floristicheskikh issledovaniy. Ponyatiye o flore v sravnitelnoy floristike). *Zhurnal Russkogo botanicheskogo obshchestva* = *Journal of the Russian Botanical Society*. 1931;16(1):111-124. [in Russian] [Толмачев А.И. К методике сравнительно-флористических исследований. Понятие о флоре в сравнительной флористике. *Журнал Русского ботанического общества*. 1931;16(1):111-124].
- Tolmachev A.I. Introduction to the geography of plants (Vvedeniye v geografiyu rasteniy). Leningrad: Leningrad State University; 1974. [in Russian] [Толмачев А.И. Введение в географию растений. Ленинград: ЛГУ; 1974].
- Tugarinov A.Ya. Geographical landscapes of the Yenisei region. Experimental description (Geograficheskoye landshafty Priyeniseyskogo kraya. Opyt kharakteristiki). Krasnoyarsk; 1925. [in Russian] [Тугаринов А.Я. Географические ландшафты Приенисейского края. Опыт характеристики. Красноярск; 1925].

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Антипова Е.М. Структура сибирского географического элемента флоры лесостепей Средней Сибири. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):76-81. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-76-81

Antipova E.M. The structure of the Siberian geographical floral element in the Middle Siberian forest steppes. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):76-81. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-76-81

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-76-81>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ВНУТРИВИДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЛОДОВ *PRUNUS PUMILA* В ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ИНТРОДУКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-82-90

УДК 582.711.713:581.47(470.55)

Поступление/Received: 28.05.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

М. С. ЛЁЗИН*, В. С. СИМАГИН, А. В. ЛОКТЕВА

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090 Россия, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101;
*✉ Lezin-misha@mail.ru

SPECIFIC FEATURES IN THE EXPRESSION OF
INTRASPECIES VARIABILITY OF *PRUNUS PUMILA*
FRUITS IN CHELYABINSK PROVINCE
IN THE PROCESS OF INTRODUCTION

М. S. LEZIN*, V. S. SIMAGIN, A. V. LOKTEVA

Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the RAS,
101 Zolotodolinskaya St., Novosibirsk 630090, Russia;
*✉ Lezin-misha@mail.ru

Актуальность. Исследуемая на территории Челябинской области интродукционная популяция *Prunus pumila* L. имеет естественный ареал на территории Северной Америки. Изменчивость интродукционной популяции, вызванная действием естественных в новых местообитаниях почвенно-климатических факторов, представляет научный интерес. **Материал и методы.** Изучение изменчивости проведено на объеме выборки 197 растений *P. pumila*. Описание морфологических признаков проведено в соответствии с атласами по описательной морфологии семян и плода с некоторыми уточнениями особенностей, присущих семейству Prunoideae Focke. Для расчета доверительного интервала средних значений использовался критерий надежности $t_2 = 2,576$. Степень варьирования признаков оценивали в соответствии со шкалой С. А. Мамаева. **Результаты и заключение.** Средняя масса плода – $2,49 \pm 0,11$ г и варьирует от 1,25 до 5,15 г. Средняя масса косточки – $0,25 \pm 0,01$ г. Из числа морфометрических признаков низкой изменчивостью (коэффициент вариации [V] 8–12%) обладают почти все линейные признаки величины плода и косточки. Из линейных признаков только длина плодоножки характеризуется средней изменчивостью ($V = 13–20\%$). Масса косточки также обладает средней изменчивостью ($V = 21–30\%$). Форма плода округлая (40,3%); реже овальная (20,9%), яйцевидная (20,9%), широкояйцевидная (9,7%), сердцевидная (6,1%) или эллиптическая (2,0%). Брюшной шов чаще едва заметен, реже средне (3,1%) и сильно выражен (1,0%). По цвету мякоти наблюдается полиморфизм. Обычно она зелено-розовая (72,8%). Форма косточки *P. pumila* эллипсоидная (38,1%) и округлая (34,0%); реже удлиненная (10,7%), яйцевидная (13,2%) обратнояйцевидная (4,1%). По форме косточка симметричная со стороны брюшного шва и боков, с боков чаще округлая. Форма верхушки косточки округлая (85,3%) или изредка тупо заостренная (15,7%), основание округлое (80,7%), нередко оттянутое (15,7%), реже слабо скошенное (3,6%). Структура поверхности косточки ровная (57,4%), нередко слабо ребристая (36,5%). Отмечено несколько случаев формирования ребристой поверхности косточки (6,1%). Таким образом, для интродукционной популяции характерен широкий полиморфизм морфологических признаков плода и косточки. Выявлено значительное увеличение морфометрических показателей, в частности величины плода и косточки в сравнении с таковыми для вида в естественных условиях, что может иметь особое значение для селекции. Для интродукционной популяции не выявлена веретеновидная форма косточки, свойственная разновидности *depressa* Pursh. в естественной флоре.

Ключевые слова: окраска плода, форма плода, брюшной шов плода, окраска мякоти, форма косточки, структура поверхности косточки.

Background. The studied population of *Prunus pumila* L. has been introduced into Chelyabinsk Province, as its natural area of distribution is in North America. Of interest for researchers is the introduced population's variability, induced by the effect of soil and climate factors natural for its new habitat. **Materials and methods.** A collection of 197 plants was employed to study the variability of *P. pumila*. Morphological characters were described in compliance with atlases dedicated to seed and fruit descriptive morphology, with some adjustments concerning specific features of the subfamily Prunoideae Focke. The confidence interval for means was calculated using the reliability criterion of $t_2 = 2.576$. The degree of variation was assessed for the studied characters according to S. A. Mamaev's scale. **Results and conclusion.** The average fruit weight was 2.49 ± 0.11 g and varied from 1.25 to 5.15 g. The average stone weight was 0.25 ± 0.01 g. Out of the number of morphometric traits, almost all linear characters of fruit and stone size had low variability (coefficient of variation [V]: 8–12%). Of those linear characters, only the peduncle length showed medium variability ($V = 13–20\%$). The stone weight also had medium variability, while the fruit weight demonstrated high variability ($V = 21–30\%$). The fruit shape was subglobose (40.3%), less frequently ovate (20.9%), ovoid (20.9%), broadly ovoid (9.7%), cordate (6.1%) or elliptic (2.0%). The ventral suture was usually barely noticeable, less frequently moderately (3.1%) or strongly expressed (1.0%). Polymorphism was observed in the pulp color, which was usually green-pink (72.8%). The *P. pumila* stone shape was elliptic (38.1%) or subglobose (34.0%), less frequently prolate (10.7%), ovoid (13.2%) or obovate (4.1%). The stone was symmetrically shaped from the ventral suture and sides, usually looking subglobose from the sides. The shape of the stone's apex was rounded (85.3%) or, less frequently, obtusely mucronate (15.7%); its base was rounded (80.7%), often attenuate (15.7%), less frequently slightly slanted (3.6%). The stone surface texture was smooth (57.4%), often slightly costate (36.5%). There were several cases of a more costate surface of the stone (6.1%). Thus, the introduced population was found to have broad polymorphism of morphological characters in the fruit and the stone. A considerable increase was observed in morphometric indicators, including the size of fruit and stone, compared with those typical for the species in natural environments, which may be of special significance for breeders. The fusiform shape of the stone, characteristic of var. *depressa* Pursh. in its natural habitat, was absent in the introduced population.

Key words: fruit color, fruit shape, fruit ventral suture, pulp color, stone shape, stone surface texture.

Введение

История мирового растениеводства последних столетий наглядно свидетельствует об огромной и нередко решающей роли интродукции культивируемых растений в повышении эффективности сельскохозяйственного производства (Balashova, Pivovarov, 1998). Установлено, что виды, обладающие большей изменчивостью признаков и высоким уровнем полиморфизма, имеют широкий адаптационный потенциал (Tsitsin, 1968; Skvortsov et al., 2005). В условиях изоляции интродукционной популяции через смену поколений при действии естественных почвенно-климатических факторов и агротехнических мероприятий в культуре происходит трансформация генетического фонда и становление новых качественных признаков в популяции (Koropachinskii et al., 2011).

Prunus pumila L. имеет естественный ареал в Северной Америке, где представлена четырьмя разновидностями, отличающимися географическим ареалом и экологическими условиями произрастания растений (Catling et al., 1999; Flora..., 2016). Селекционное улучшение вида начато еще в конце XIX в. на разных опытных станциях США. Для получения ценных плодовых форм в большей степени использовали «западную песчаную вишню» (var. *besseyi* Bailey) прерий как более крупноплодную, зимостойкую и нередко более приятного вкуса плодов разновидность. На востоке распространенную по песчаным берегам рек и озер разновидность (var. *pumila*) из-за ее сильнорослости, мелкоплодности и более кислого вкуса плодов в большей степени использовали в качестве подвоя для местных слив, персиков и абрикосов (Hansen, 1904; Rohrer, 2000). В связи с этим есть основания полагать, что имеющаяся у нас интродукционная популяция *P. pumila* имеет гибридное происхождение и вероятно может быть представлена как отдельными разновидностями, так и их гибридами.

На территории России и всей Евразии *P. pumila* является в различной степени культивируемым видом, интродуцированным в разные природно-климатические условия (Putov, 1981; Merker, 2008; Simagin, 2013; Isakova, Slepneva, 2017). Наиболее благоприятно произрастает на остепненных территориях Поволжья, Южного Урала и Сибири, где используется в качестве подвоя для слив и абрикосов и реже как самостоятельная плодовая культура (Simagin, 2013). Несмотря на продолжительный период интродукции и попытки селекционного улучшения вида, размножение растений происходит в основном семенным способом, что приводит к сильной генетической неоднородности посадочного материала. Широкая внутривидовая изменчивость морфологических признаков неоднозначно сказывается на дальнейшем использовании растений. Выявление перспективных для хозяйственного использования представителей культурной популяции *P. pumila* становится возможным на основе комплексного изучения и выявления существующего разнообразия морфологических признаков.

Цель работы – изучение изменчивости интродукционной популяции *P. pumila* в Челябинской области по морфологическим и хозяйственно значимым признакам плода и косточки.

Материалы и методы исследования

Prunus pumila L. – слива карликовая (в традиционной классификации микровишня песчаная, или низкая) – относится к подсекции *Spiraeopsis* (Koehne) Erem. секции *Microcerasus* Webb. рода *Prunus* L., вид диплоидный ($2n = 16$). Род *Prunus* относится к подсемейству сливых – Prunoideae Focke семейства розовых – Rosaceae Juss.

Исследование проводили в 2017 и 2018 г. Материалом для работы послужили насаждения *P. pumila*, расположенные на территории ООО НПО «Сад и огород» в 40 км от г. Челябинск на северо-восток. Все анализируемые растения пятилетнего возраста, получены из семян от свободного опыления. Объем выборки составил 197 растений.

Описание морфологических признаков проводили по общепринятой методике (Artyushenko et al., 1986; Artyushenko, 1990) с уточнениями некоторых особенностей, присущих видам из подсемейства Prunoideae (Sedov, 2008).

Плоды описывали в момент от наступления съемной и полной зрелости. Учитывали плоды преимущественно с хорошо освещенных побегов. Для определения средней массы брали по 10 зрелых типичных плодов. Для характеристики относительных размеров и отчасти формы косточек использовали индексы I и II. Индекс I (высота/ширина) показывает изменчивость формы косточек от сплюснутых ($< 1,0$) до удлинённых ($> 1,4$). Индекс II (ширина/толщина) характеризует степень уплощенности (1,5) или вздутости ($< 1,4$) боков косточки (Khloptseva, 1986; Sedov, 2008). Также отмечали глубину и степень выраженности бороздок брюшной и спинного шва, поскольку брюшной шов может быть в разной степени обособлен бороздками от остальной части косточки. Если бороздки образовывали ответвления на поверхность боков косточки, то отмечали характер скульптуры поверхности косточки. Отмечали степень образования кия брюшным швом.

Статистическую обработку данных – вычисление среднего значения признаков (M), ошибки среднего (m), коэффициентов вариации (V , %), определение лимитов признаков (lim) – проводили по общепринятым методикам (Plokhinskiy, 1970) с использованием программы MS Excel. Для расчета доверительного интервала средних значений использовался критерий надежности $t_2 = 2,576$ при уровне безошибочных прогнозов для генеральной совокупности $\beta_2 = 0,99$ (Plokhinskiy, 1970). Степень варьирования признаков оценивали в соответствии со шкалой С. А. Мамаева (Mamaev, 1972).

Результаты и обсуждение

В естественных условиях произрастания вида высота плодов *P. pumila* колеблется от 6 до 12 мм, ширина – от 3 до 7 мм (Flora..., 2016). Показатели величины плода интродукционной популяции *P. pumila* совершенно отличаются от показателей для вида в естественных местообитаниях (табл. 1).

Минимальные значения показателей величины плода интродукционной популяции близки к известным максимальным значениям вида в естественных условиях. При этом зарубежными исследователями (Flora..., 2016; Rohrer, 2000) отмечено, что показатели величины плода для разновидности *P. pumila* var. *besseyi* (L.H. Bailey) Gleason выше, чем для других разновидностей. И это, по их мнению, может быть объяснено как естественной крупноплодностью разновидности, так и целенаправленным постепенным селекционным улучшением при естественных более высоких вкусовых качествах плодов этой разновидности. Коэффициент вариации указывает на повышенную изменчивость массы плода для интродукционной популяции. Для линейных показателей величины плода коэффициенты вариации соответствуют низкому уровню изменчивости. Распределение растений по массе плода представлено на рисунке 1.

Признак «длина плодоножки» также отличается от показателя для вида в диких условиях (3–19 мм). Диапазон изменчивости этого показателя не выходит за

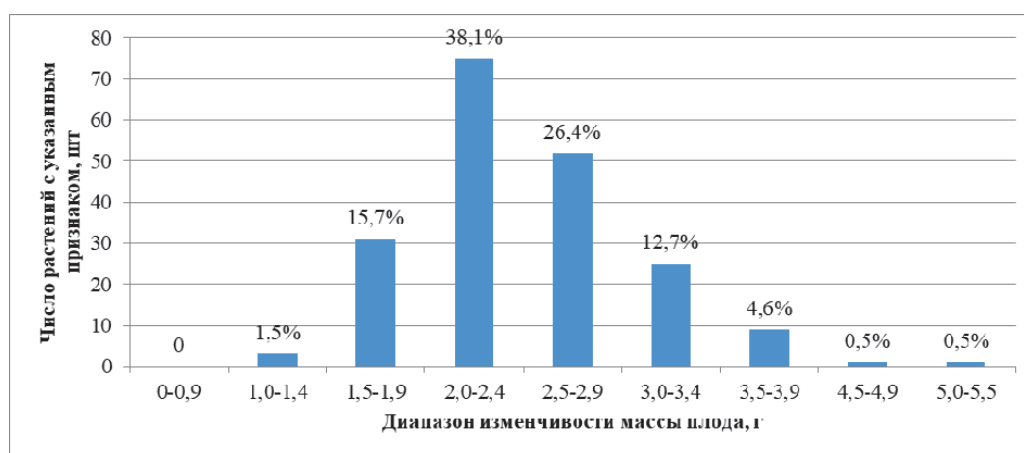
Таблица 1. Изменчивость некоторых морфометрических признаков плода *Prunus pumila* L.

(Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Table 1. Variability of some morphometric characters for the fruit of *Prunus pumila* L.

(Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

№ п/п	Показатели	M±m	Max	Min	V, %
1	Масса плода, г	2,50±0,11	5,15	1,25	23,1
2	Длина плодоножки, мм	13,80±0,37	19,5	9,0	14,6
3	Высота плода, мм	15,26±0,24	19,6	11,9	8,4
4	Толщина плода, мм	14,52±0,22	19,9	11,5	8,3
5	Ширина плода, мм	15,40±0,25	19,8	11,7	8,7

**Рис. 1.** Распределение образцов *Prunus pumila* L. по массе плода (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)**Fig. 1.** Distribution of *Prunus pumila* L. accessions according to their fruit weight (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

рамки признака для дикого вида. Отмечено лишь увеличение минимального показателя этого признака. Поскольку этот признак является хозяйственно значимым, то в интродукционной популяции на изменение этого показателя могла повлиять случайная или целенаправленная селекционная деятельность человека, направленная на отбраковку генотипов скороткой плодоножкой. Коэффициент вариации указывает на среднюю изменчивость этого признака.

По окраске плодов на основании изучения имеющейся популяции и литературных сведений разработана 10-балльная шкала основной окраски плода. Выделено два основных цвета – желтый и черный с разными оттенками. Желтая окраска плодов может быть двух оттенков. На основании этого баллы 1 и 2 отражают зелено-желтый и ярко-желтый оттенки желтого цвета, баллы 3–10 – оттенки черного цвета. Описание окраски проводили в 2017 и 2018 годах, которые характеризовались затяжными фенофазами развития как *P. pumila*, так и других плодовых культур на 2–3 недели. В оба года некоторые поздние формы не успевали в полной мере созреть. В зависимости от степени неполного созревания таким формам присваивали баллы 3 и 4 (рис. 2). В более благоприятные годы балл окраски плодов таких генотипов может измениться. Распределение растений по окраске плода представлено на рисунке 3.

Желтоплодные формы *P. pumila* не обнаружены ни в числе 197 изучаемых растений, ни во всем массиве однолетних растений (около 4500 шт.), и это несмотря на то, что семена были собраны с маточного участка, где на примерно 260 растений приходился один желтоплодный генотип. Этот генотип, по нашим наблюдениям, очень слабо цветет и не каждый год завязывает единичные плоды.

На основе классификации формы плода для вишни и черешни, приведенной в помологии косточковых культур, описано встречающееся разнообразие форм плода для *P. pumila* (рис. 4). Встречаемость форм плода представлена на рисунке 5.

Наиболее типичные формы – округлая, овальная и яйцевидная. На вершине плода, как правило, сохраняется хорошо заметный остаток пестика. В редких случаях он оттянут в виде маленького клювика. Из 197 описываемых растений такой признак встретился у пяти. Основание плода обычно округлое.

Брюшной шов в большинстве случаев представлен в виде полосы или вообще трудно различим. В редких случаях встречаются плоды со средне/сильно глубоким брюшным швом (рис. 6).

Окраска мякоти *P. pumila* не зависит от окраски поверхности плода, за исключением желтоплодных генотипов. У остальных генотипов этот показатель изменился от темно-красной до зеленой и желто-зеленой.



a



b

Рис. 2. Основная окраска плода *Prunus pumila* L.:

a – желтоплодная форма Б 9-14; b – оттенки черного цвета плода (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 2. Primary fruit color for *Prunus pumila* L.:

a – yellow fruit form B 9-14; b – shades of black fruit color (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

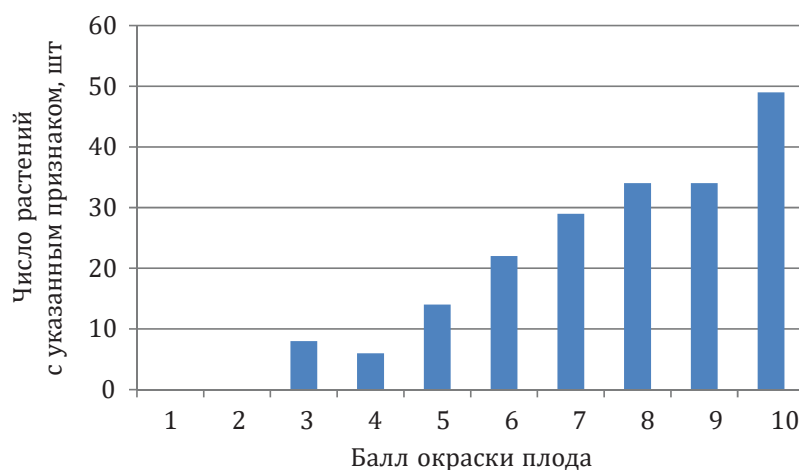


Рис. 3. Распределение образцов *Prunus pumila* L. по окраске плода (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 3. Distribution of *Prunus pumila* L. accessions according to their fruit color (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)



Рис. 4. Формы плодов *Prunus pumila* L.:

а) округлая; б) широкояйцевидная; в) овальная; г) удлиненная; е) яйцевидная;
 ф) сердцевидная (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 4. *P. pumila* fruit shapes: a) subglobose; b) broadly ovoid; c) ovate; d) elliptic; e) ovoid;
 f) cordate (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

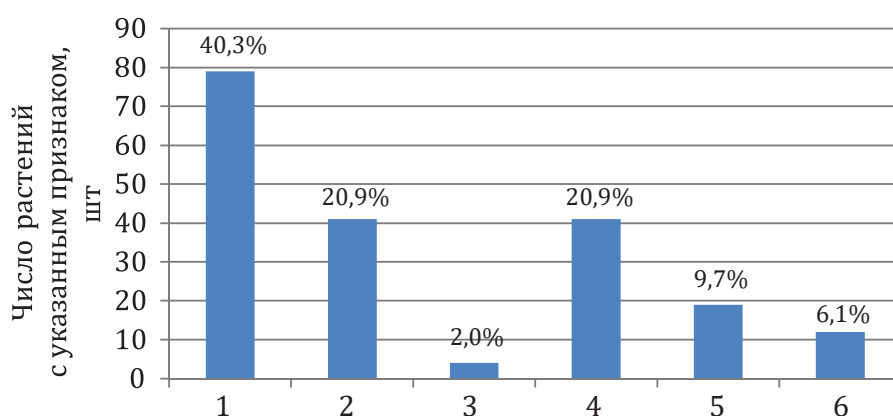


Рис. 5. Распределение образцов *Prunus pumila* L. по форме плода:

1) округлая; 2) овальная; 3) удлинённая; 4) яйцевидная; 5) широкояйцевидная; 6) сердцевидная (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 5. Distribution of *Prunus pumila* L. accessions according to their fruit shape:

1) subglobose; 2) ovate; 3) elliptic; 4) ovoid; 5) broadly ovoid; 6) cordate (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

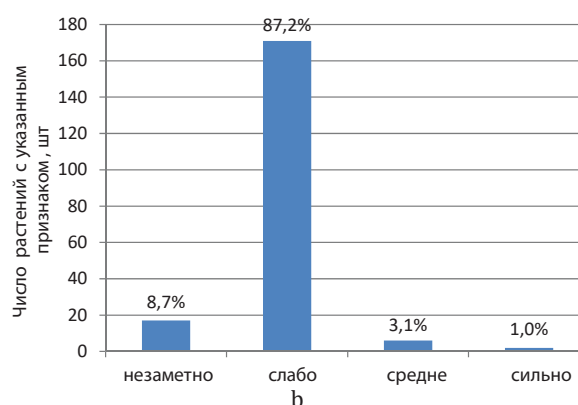


Рис. 6. Степень выраженности брюшного шва плода *Prunus pumila* L.:

а – изменчивость признака; б – встречаемость растений с указанным признаком (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 6. Degrees of the expressions of the *Prunus pumila* L. fruit ventral suture:

а – variability of the character; б – occurrence of plants with this character (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

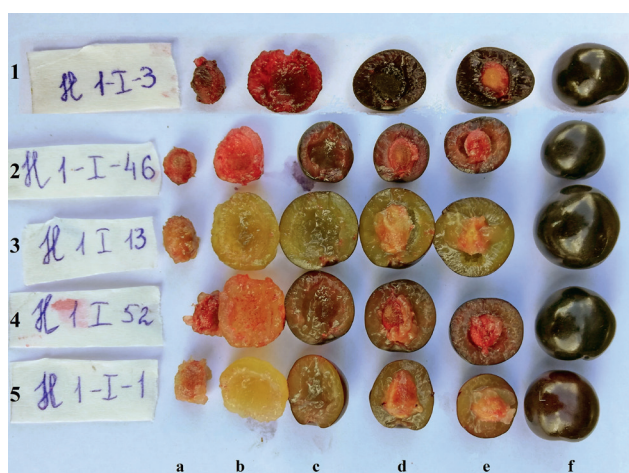
Определение окраски мякоти проводили в момент от наступления съёмной до полной зрелости плодов. В учет брали как плоды с хорошо освещенных побегов, так и с полутененных собственной кроной. Нами отмечено, что есть как формы, у которых при созревании окраска мякоти сразу приобретает типичную окраску и не изменяется, так и формы, которые при полном созревании и перезревании склонны частично менять окраску. Для качественного определения этого показателя мякоть отделялась от косточки и кожицы и в этот момент описывалась (рис. 7).

Образцы с зеленой окраской мякоти составляют 9,2%; бордовой – 6,2%; наиболее обычна промежуточная зелено-розовая окраска мякоти – 74,5%. Редко встречается желто-зеленая мякоть. Для образцов с переходной зелено-розовой окраской мякоти свойственно по мере

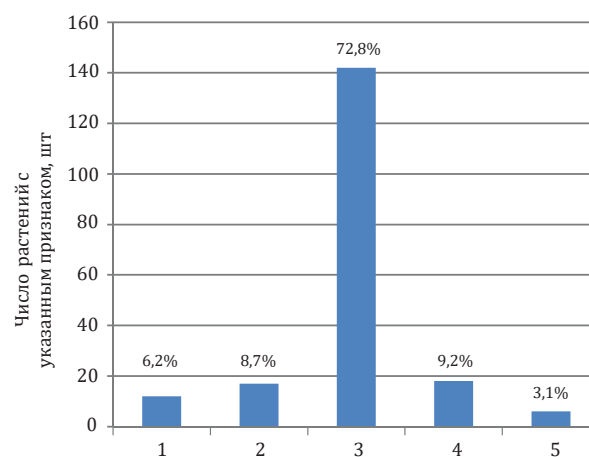
перезревания плодов частично усиливать интенсивность розового пигмента.

По отделяемости косточки от мякоти отмечали формы с неотделяющейся косточкой, плохо отделяющейся, средне отделяющейся и хорошо отделяющейся косточкой (рис. 8). Этот показатель наглядно представлен на рисунке 7, где у формы Н 1-I-46 косточка свободная и хорошо отделяется, а у формы Н 1-I-1 – не отделяется. У остальных форм этот показатель промежуточный.

Изменчивость по качеству отрыва плода от плодоножки обусловлена степенью развития отделительной ткани, определяется визуальным нарушением целостности кожицы и мезокарпия плода в зоне прикрепления к плодоножке. Этот показатель имеет определенную практическую значимость. Отрыв плода от плодоножки у *P. pumila* сухой, полусухой или мокрый (рис. 9).



A



B

Рис. 7. Характер окраски мякоти плода *Prunus pumila* L.:

A – изменчивость признака, B – встречаемость растений с указанным признаком; 1) бордовая; 2) красная; 3) зелено-розовая; 4) зеленая; 5) желтая; а – косточка, б – мякоть без кожицы и косточки, с – мякоть без косточки, д – продольный разрез плода, е – поперечный разрез плода, ф – целый плод (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 7. *Prunus pumila* L. fruit pulp color patterns:

A – variability of the character, B – occurrence of plants with this character; 1) maroon, 2) red, 3) green-pink, 4) green, 5) yellow; a – stone, b – peeled pulp without stone, c – pulp without stone, d – fruit longitudinal section, e – fruit cross section, f – whole fruit (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

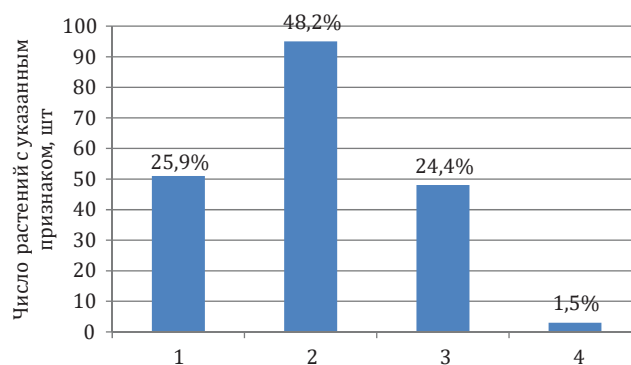


Рис. 8. Распределение образцов *Prunus pumila* L. по отделяемости косточки от мякоти плода:
1) хорошо; 2) средне; 3) плохо; 4) не отделяется (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 8. Distribution of *Prunus pumila* L. accessions according to their stone-from-pulp detachability:
1) good; 2) medium; 3) poor; 4) not detachable (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

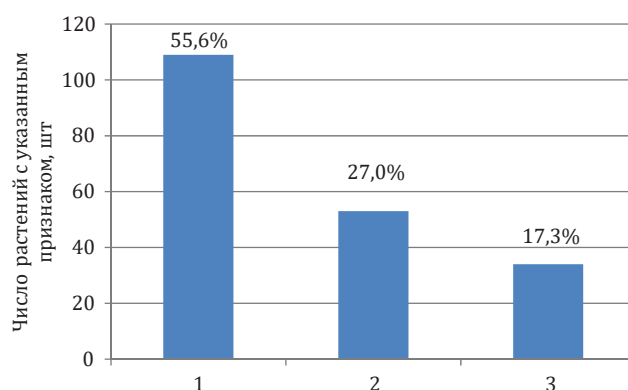


Рис. 9. Распределение образцов *Prunus pumila* L. по качеству отрыва плода от плодоножки:
1) сухой; 2) полусухой; 3) мокрый (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 9. Distribution of *Prunus pumila* L. accessions according to their fruit-from-peduncle separability:
1) dry; 2) semidry; 3) wet (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

Изменчивость длины косточки для вида в естественных условиях составляет 6,0–9,5 мм, для ширины – 4,5–7,0 мм. Количественные показатели изменчивости косточек интродукционной популяции приведены в таблице 2. Уровень изменчивости массы и доли косточки средний. Для линейных показателей величины косточки коэффициенты вариации соответствуют низкому уровню изменчивости.

Для описания косточек используют показатели отношения длины к толщине и длины к ширине косточки (Sedov, 2008). Известно, что для вишни и черешни диапазон этих значений, в особенности отношения длины к толщине, значительно шире, чем для персика. В нашем случае диапазон значений отношения длины к ширине больше, чем диапазон значений длины к толщине. Таким образом, показатель отношения длины к толщине аналогичен диапазону изменчивости персика, а показатель отношения длины к ширине аналогичен показателям вишни и черешни.

Форма косточки *P. pumila* в основном эллиптическая, округлая, реже вытянутая, яйцевидная и обратнойяцевидная (рис. 10, 11). По форме косточка обычно симметричная со стороны брюшного шва или боков. Обычно достаточно округлая с боков. Сплюснутая с боков форма косточки отмечена только для формы Н 2-1-37. Нами не обнаружена веретеновидная форма косточки, свойственная разновидности *depressa* (Pursh.) Bean (Flora..., 2016). С нашей точки зрения, это является доказательством того, что разновидность *depressa* не была интродуцирована. Следует заметить, что данная разновидность *P. pumila* занимает в естественных местообитаниях ареал, схожий с разновидностью *susquehanae* (Wildenow) H. Jaeger, при этом последняя произрастает на кислых почвах лесных заболоченных или возвышенных местно-

стей. Если предположить, что разновидность *susquehanae* не приняла, как и *depressa*, участие в становлении генофонда культурной популяции исследуемых растений, то ее интродукция, несомненно, способствовала бы решению проблемы неустойчивости вида к подопреванию и, как следствие, расширению культигенного ареала *P. pumila* в нашем регионе.

По форме верхушки в основном косточки округлые (85,3%) или изредка тупо заостренные (15,7%). По форме основания наблюдали больший полиморфизм. В основном форма округлая или немного скошенная (80,7%). Нередко (15,7%) отмечалось оттянутое основание косточки. Иногда встречалось в большей степени выраженное скошенное основание косточки (3,6%).

Брюшной шов во всех случаях широкий, четко обозначенный бороздками. Характер выраженности спинной и брюшных бороздок сильный или средний. Нами не отмечена слабая выраженность какой-либо бороздки. Нередко (36,5%) они формируют слаборебристую поверхность боковых сторон косточки. Хотя преобладает (57,4%) ровная поверхность боков косточки. Также отмечено несколько случаев (6,1%) формирования средне ребристой поверхности косточки. Обычно такой признак отмечали, когда около половины поверхности косточки имеет сетчатую или бороздчатую структуру (рис. 12).

В некоторых случаях наблюдали формирование кия брюшным швом. И хотя это распространенный признак и при большей выборке косточек, чем мы имеем, возможно, косточки с кием были бы обнаружены в каждом генотипе. Тем не менее нами отмечены генотипы *P. pumila* (12,2%), для которых этот признак является закономерностью и свойственен большей части или всем учетным косточкам в образце.

Таблица 2. Изменчивость некоторых морфометрических признаков косточек *Prunus pumila* L. (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Table 2. Variability of some morphometric characters for the stone of *Prunus pumila* L. (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

№ п/п	Показатели	M±m	Max	Min	V, %
1	Масса косточки, г	0,25±0,01	0,48	0,11	19,9
2	Доля косточки, %	10,43±0,37	20,8	5,6	19,1
3	Длина косточки, мм	9,54±0,15	11,9	7,4	8,3
4	Толщина косточки, мм	7,11±0,09	9,1	6,0	6,5
5	Ширина косточки, мм	6,36±0,09	8,0	5,0	7,7
6	Длина/толщина косточки	1,34±0,02	1,64	1,07	7,8
7	Длина/ширина косточки	1,51±0,03	1,92	1,12	9,6

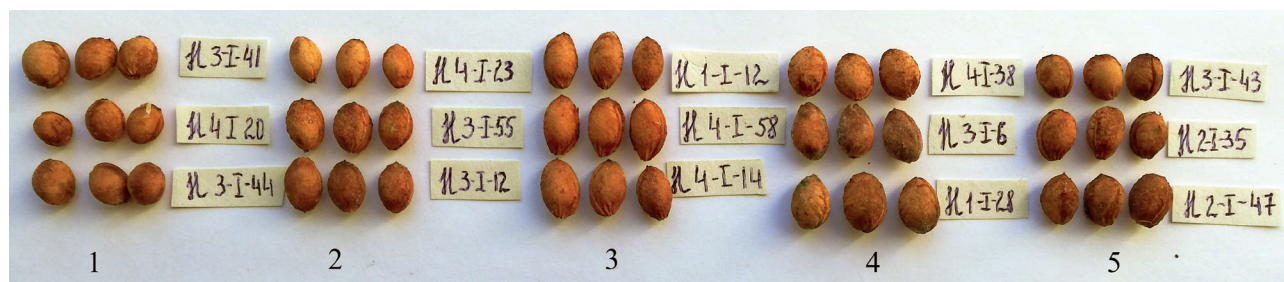


Рис. 10. Формы косточек образцов *Prunus pumila* L.:

1) округлая; 2) эллипсоидная; 3) удлинённая; 4) яйцевидная; 5) обратнойяцевидная (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 10. *Prunus pumila* L. stone shapes:

1) subglobose; 2) elliptic; 3) prolate; 4) ovoid; 5) obovate (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

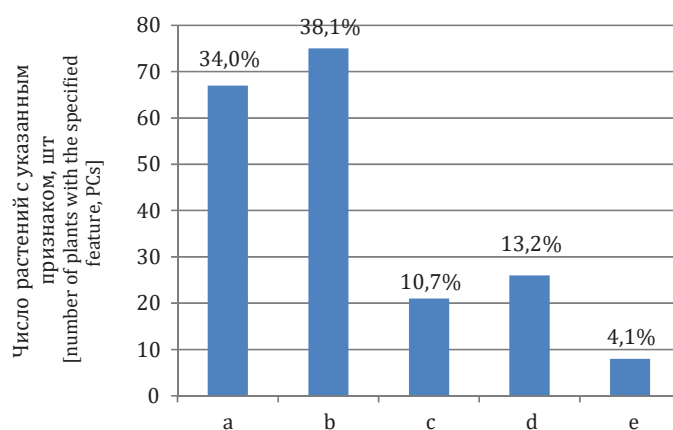


Рис. 11. Распределение образцов *Prunus pumila* L. по форме косточки:

- 1) округлая; 2) эллипсовидная; 3) удлиненная; 4) яйцевидная;
5) обратнойяйцевидная (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 11. Distribution of *Prunus pumila* L. accessions according to their fruit shape:
1) subglobose; 2) elliptic; 3) prolate; 4) ovoid; 5) obovate (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)



Рис. 12. Типы характера поверхности косточки *Prunus pumila* L.:

- 1) ровная; 2) слаборебристая; 3) средне ребристая (Челябинская обл., 2017, 2018 г.)

Fig. 12. *Prunus pumila* L. stone surface texture types:
1) smooth; 2) slightly costate; 3) moderately costate (Chelyabinsk Province, 2017, 2018)

Заключение

Для интродукционной популяции *Prunus pumila* выявлено значительное увеличение морфометрических показателей, в частности, величины плода и косточки, в сравнении с таковыми для вида в естественных условиях. Диапазон изменчивости плодоножки в большей степени пересекается со значениями для вида в естественной флоре. Выявлен широкий полиморфизм морфологических признаков плода и косточки, который может иметь особое значение для селекции. В пределах исследованной интродукционной популяции не выявлена веретеновидная форма косточки, свойственная разновидности *depressa*. Можно предположить, что она не принимала участия в становлении генофонда культурной популяции *P. pumila* в Челябинской области. Разновидность *depressa* занимает в естественных местообитаниях ареал, схожий с разновидностью *susquehanae*, при этом последняя произрастает на кислых почвах лесных заболоченных или возвышенных местностей. Если предположить, что разновидность *susquehanae* отсутствует, как и *depressa*, в изучаемой популяции *P. pumila*, то ее интродукция, несомненно, способствовала бы решению проблемы неустойчивости вида к подпреванию и, как следствие, расширению культивируемого ареала *P. pumila* в Челябинской области.

References/Литература

- Artyushenko Z.T. Atlas on the descriptive morphology of higher plants. Seed (Atlas po opisatel'noy morfologii vysshikh rasteniy. Semya). Leningrad: Nauka; 1990. [in Russian] (Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Семя. Ленинград: Наука; 1990).
- Artyushenko Z.T., Fedorov A.A. Atlas on the descriptive morphology of higher plants. Fruit (Atlas po opisatel'noy morfologii vysshikh rasteniy. Plod). Leningrad: Nauka; 1986. [in Russian] (Артюшенко З.Т., Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод. Ленинград: Наука; 1986).
- Balashova N.N., Pivovarov V.F. Introduction of new plants in the context of breeding for resistance of cultivars and hybrids to abiotic environmental factors and plant pathogens (Introduktsiya novykh rasteniy v svyazi s selektsiyey na ustoychivost sortov i gibridov k abioticheskim faktoram sredy i fitopatogenam). In: *Introduction of unconventional and rare agricultural plants. All-Russian Science and Production Conference. (Introduktsiya netraditsionnykh i redkikh selskokhozyaystvennykh rasteniy: Vserossiyskaya nauchno-proizvodstvennaya konferentsiya)*. Vol. 1; Penza, Russia, June 24-28, 1998. Penza; 1998. p.31-34. [in Russian] (Балашова Н.Н., Пивоваров В.Ф. Интродукция новых растений в связи с селекцией

- на устойчивость сортов и гибридов к абиотическим факторам среды и фитопатогенам. *Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: Всероссийская научно-производственная конференция. Т. 1. Пенза, Россия, 24-28 июля 1998 г.* Пенза; 1998. С.31-34).
- Catling P.M., McKay-Kuja S.M., Mitrow G. Rank and typification in North American dwarf cherries, and a key to the taxa. *Taxon*. 1999;48(3):483-488. DOI: 10.2307/1224559
- Flora of North America: North of Mexico. Vol. 9: Magnoliophyta: Picramniaceae to Rosaceae. Oxford and New York: Oxford University Press; 2015.
- Hansen N.E. The western sand cherry. Bulletin 87. Brookings, SD. South Dakota Agricultural College, Experiment Station. 1984.
- Isakova M.G., Slepneva T.N. Sand cherry is the new crop for the Ural orchards (Vishnya peschanaya – novaya kultura dlya Uralskikh sadov) *Niva Urala = Ural Cropland*. 2017;3:18-19. [in Russian] [Исакова М.Г., Слепнева Т.Н. Вишня песчаная – новая культура для Уральских садов. *Нива Урала*. 2017;(3):18-19].
- Khloptseva I.M. Variability of morphological characters of the stone in peach varieties. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1986;104:39-50. [in Russian] [Хлопцева И.М. Изменчивость морфологических признаков косточки у сортов персика. *Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1986;104:39-50].
- Koropachinskii I.Yu., Vstovskaya T.N., Tomoshevich M.A.. Immediate tasks of introduction of woody plants in Asian Russia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2011;4(2):107-125. DOI: 10.1134/S1995425511020019
- Mamaev S.A. Forms of intraspecific variability of woody plants (based on the Pinaceae family in the Urals) (Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy [na primere semeystva Pinaceae na Urale]). Moscow: Nauka; 1972. [in Russian] [Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). Москва: Наука; 1972].
- Merker V.V. The results of the introduction of woody plants of North American flora in Chelyabinsk region (Itogi introduktsii drevesnykh rasteniy severo-amerikanskoy flory v Chelyabinskoy oblasti). *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Chelyabinsk State University*, 2008;(17):104-121. [in Russian] [Меркер В.В. Итоги интродукции древесных растений североамериканской флоры в Челябинской области. *Вестник Челябинского государственного университета*. 2008;(17):104-121].
- Sedov E.N. (ed.). Pomology. Vol. III. Stone fruits (Pomologiya. Tom III. Kostochkovye kultury). Orel: VNIISPK; 2008. [in Russian] [Помология. Том III. Косточковые культуры / под ред. Е. Н. Седова. Орел: ВНИИСПК; 2008].
- Simagin V.S. The results of researches on stone fruit plants introduction (Itogi introduktsionnykh issledovaniy po kostochkovym plodovym rasteniyam). In: I. Yu. Koropachinskii, A. B. Gorbunov (eds). *Introduction of unconventional fruit, berry and vegetable plants in Western Siberia (Introduktsiya netraditsionnykh plodovykh, yagodnykh i ovoshchnykh rasteniy v Zapadnoy Sibiri)* Novosibirsk: GEO; 2013. p.8-23. [in Russian] [Симагин В.С. Итоги интродукционных исследований по косточковым плодовым культурам. В кн.: *Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири* / под ред. И. Ю. Коропачинского, А. Б. Горбунова. Новосибирск: GEO; 2013. С.8-23].
- Plokhinskiy N.A. Biometry (Biometriya). 2nd ed. Moscow: Moscow State University; 1970. [in Russian] [Плохинский Н.А. Биометрия. 2-е изд. Москва: МГУ; 1970].
- Putov V.S. Sand cherry in breeding for early fruiting (Vishnya peschanaya v selektsii na skoroplodnost). In: *Selection of early maturing, high productivity varieties of fruit and berries crops in the Western Siberia (Selektsiya skorospelykh vysokourozhaynykh sortov plodovykh i yagodnykh kultur v Zapadnoy Sibiri)*. Novosibirsk; 1981. p.52-57. [in Russian] [Путов В.С. Вишня песчаная в селекции на скороплодность. В кн.: *Селекция скороспелых высокоурожайных сортов плодовых и ягодных культур в Западной Сибири*. Новосибирск; 1981. С.52-57].
- Rohrer J.R. The sand cherry in Wisconsin and neighboring states. *The Michigan Botanist*. 2000;39(4):59-69.
- Skvortsov A.K., Vinogradova Yu.K., Kuklina A.G., Kramarenko L.A., Kostina M.V. The formation of resistant introduced populations (Formirovaniye ustoychivyykh introduktsionnykh populyatsiy). Moscow: Nauka; 2005. [in Russian] [Скворцов А.К., Виноградова Ю.К., Куклина А.Г., Крамаренко Л.А., Костина М.В. Формирование устойчивых интродукционных популяций. Москва: Наука; 2005].
- Tsitsin N.V. The introduction and acclimatization of plants in the USSR in 50 years (Introduktsiya i akklimatizatsiya rasteniy v SSSR za 50 let). *Bulletin Main Botanical Garden*, 1968;(69):3-9. [in Russian] [Цицин Н.В. Интродукция и акклиматизация растений в СССР за 50 лет. *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1968;(69):3-9].

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Лезин М.С., Симагин В.С., Локтева А.В. Особенности проявления внутривидовой изменчивости плодов *Prunus pumila* в Челябинской области при интродукционном процессе.

Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):82-90. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-82-90

Lezin M.S., Simagin V.S., Lokteva A.V. Specific features in the expression of intraspecific variability of *Prunus pumila* fruits in Chelyabinsk Province in the process of introduction. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):82-90. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-82-90

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-82-90>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ПОЛЕВАЯ ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ПУЗЫРЧАТОЙ ГОЛОВНЕ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-91-95
 УДК 633.15:632.485.1:582.285.1:58.084.2
 Поступление/Received: 09.04.2019
 Принято/Accepted: 18.09.2019

FIELD ASSESSMENT OF ACCESSIONS FROM THE MAIZE COLLECTION FOR RESISTANCE TO BOIL SMUT

В. Н. БОЙКО

V. N. BOYKO

Кубанская опытная станция – филиал ВИР,
 Федеральный исследовательский центр
 Всероссийский институт генетических ресурсов
 растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
 352183 Россия, Краснодарский край, п. Ботаника,
 ул. Центральная, 2;
 ✉ boyko_vlad@mail.ru

Kuban Experiment Station, branch of the N.I. Vavilov
 All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
 2 Centralnaya St., Botanika Settlement, Krasnodar Territory
 352183, Russia;
 ✉ boyko_vlad@mail.ru

Актуальность. Эффективность гетерозисной селекции определяется обоснованным подбором лучших по комбинационной способности и селекционно ценным признакам линий. Наиболее полное использование потенциала изменчивости большинства признаков возможно при достаточно высоком уровне устойчивости к основным болезням и вредителям. Самая вредоносная болезнь кукурузы – пузырчатая головня (возбудитель – *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger). Селекция устойчивых линий и гибридов кукурузы является наиболее рациональным, дешевым и экологически безопасным способом борьбы с заболеванием. Начальный этап селекционной работы – выявление форм, обладающих устойчивостью к патогену. **Материалы и методы.** В 2017 г. на Кубанской опытной станции – филиале ВИР на естественном инфекционном фоне с использованием балловой шкалы изучили 594 образца шести основных подвидов *Zea mays* L. Метеорологические условия (ливневые осадки и перепады суточных температур) способствовали сильному поражению растений кукурузы патогеном. **Результаты и выводы.** Симптомы заболевания не выявили у 173 образцов, 162 генотипа были поражены очень слабо. Наибольшее количество образцов кукурузы, устойчивых к заболеванию, отмечено в пределах subsp. *indentata* (Sturt.) Zhuk. (69,4% от числа изученных), subsp. *verta* (Sturt.) Zhuk. (69,2%) и subsp. *semidentata* (Sturt.) Zhuk. (66,7%); образцы subsp. *amylacea* (Sturt.) Zhuk. более других подвидов кукурузы восприимчивы к патогену. Слабо поражались преимущественно российские, европейские и североамериканские местные сорта и самоопыленные линии кукурузы, сильнее – образцы, поступившие в коллекцию ВИР из азиатского и южноамериканского регионов. После двухлетнего углубленного изучения выделенные формы могут быть рекомендованы для селекции на иммунитет.

Ключевые слова: коллекция кукурузы, подвиды, консистенция зерна, погодные условия, пузырчатая головня, источники устойчивости.

Background. The efficiency of heterotic breeding is determined by reasonable selection of the lines with the best combining abilities and important breeding traits. It is possible to use the variability potential of the majority of traits when the level of resistance to the main diseases and pests is quite high. The most harmful disease of maize is common or boil smut (caused by *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger). The breeding of resistant lines and hybrids of maize is the most rational, cheap and ecologically safe way to fight the disease. The initial stage of breeding work is the identification of pathogen-resistant forms. **Materials and methods.** In 2017, 594 accessions of six main *Zea mays* L. subspecies were studied using a score scale against the natural infectious background at the Kuban Experiment Station of VIR. The weather conditions (downpours and abrupt daily temperature fluctuations) were favorable for severe infection of maize plants with the pathogen. **Results and conclusion.** No disease symptoms were found in 173 accessions; 162 genotypes were affected only slightly. The greatest number of accessions with resistance to boil smut belonged to subsp. *indentata* (Sturt.) Zhuk. (69.4% of the total studied accessions), subsp. *verta* (69.2%) and subsp. *semidentata* (Sturt.) Zhuk. (66.7%). Accessions of subsp. *amylacea* (Sturt.) Zhuk. were more susceptible to the pathogen than other maize subspecies. The Russian, European and North American local maize varieties and self-pollinated lines had a low infection rate, while the accessions that came to the VIR collection from Asia and South America showed higher rates. After two years of comprehensive studies, the selected forms can be recommended for the use in breeding for immunity.

Key words: maize collection, subspecies, grain texture, weather conditions, boil smut, resistance sources.

Введение

Устойчивый рост производства зерновых культур, в том числе кукурузы, и создание на этой основе сбалансированной кормовой базы – один из главных приоритетов обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации (Ministry of Agriculture..., 2015).

Экономическое значение кукурузы как кормовой культуры и ряд ее биологических особенностей определяют высокую интенсивность селекционных исследований на протяжении длительного времени. В то же время использование в продолжительных селекционных про-

граммах ограниченного набора исходного материала с ценными признаками создает предпосылки для генетического сужения вида *Zea mays* L.

Известно, что эффективность гетерозисной селекции определяется подбором лучших по комбинационной способности и селекционно ценным признакам линий. Наиболее полное использование потенциала изменчивости большинства признаков возможно при достаточно высоком уровне устойчивости к основным болезням и вредителям. Выявление устойчивых к вредным организмам форм – это только одно из направлений селекционной работы, но очень важное.

В настоящее время совершенно очевидно, что рациональная стратегия селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к болезням и вредителям должна предусматривать расширение генетического разнообразия возделываемых сортов и гибридов. Реализация селекционно-исследовательской программы основана прежде всего на выявлении генетических источников ценных признаков, изучении наследования устойчивости и создании нового высокоустойчивого исходного материала.

Стабильный температурный режим за время вегетации растений способствует реализации потенциала продуктивности кукурузы. Повышение температуры воздуха с одновременным изменением количества осадков или их неравномерное выпадение в течение вегетационного периода, особенно во второй половине лета, создает риски для возделывания кукурузы, в том числе и вследствие поражения болезнями. Наиболее вредоносной болезнью кукурузы является пузырчатая головня (возбудитель – гриб *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger). Симптомы заболевания растений кукурузы весьма характерны: на вегетативных и репродуктивных органах формируются патологические новообразования (галлы), достигающие 30 см в диаметре и представляющие собой разросшиеся ткани растений, в которых формируются споры гриба (Shmaraev, 1999).

Пузырчатая головня ежегодно поражает в среднем 3–6% растений кукурузы. В отдельные годы число заболевших растений возрастает до 10–12%, снижение продуктивности при этом может достигать 25–30%. Интенсивному развитию болезни благоприятствуют обильные кратковременные осадки во вторую половину вегетации в сочетании с повышенной (25–30°C) температурой воздуха (Gavrilyuk, Dmitrishak, 2011).

Возбудитель пузырчатой головни относится к теплолюбивым видам, температура прорастания и созревания телиоспор – от 0 до +35°C, оптимальная – 20–30°C. Споры могут сохраняться в почве 1–3 года в зависимости от экологических факторов (Krivchenko, Khokhlova, 2008).

Растения кукурузы подвержены воздействию инфекции от момента образования первого листа до начала дифференциации пыльцы в пыльниках. Наиболее восприимчива для заражения кукуруза за 10–14 дней до выметывания, когда меристематические ткани конусов нарастания наиболее открыты и доступны для инфицирования телиоспорами.

По современным представлениям (Sotchenko et al., 2016), заражение пузырчатой головней ограничивают тургорное состояние тканей, устойчивость к повреждению насекомыми, непродолжительность фазы восприимчивости отдельных органов, фитонцидность тканей и проявление активных физиологических реакций защитного характера. Восприимчивы к заболеванию только молодые ткани растений кукурузы.

Система внесения минеральных удобрений в сочетании с орошением повышала устойчивость растений к болезням. Внесенные под кукурузу минеральные удобрения, а также подкормки обеспечивали лучшее развитие растений, способствуя повышению их устойчивости ко многим заболеваниям. При этом поражаемость початков пузырчатой головней на высоком агротехническом фоне снижалась на 4,0–4,5% у среднеспелых гибридов, на 6,5% – у среднепозднего гибрида и на 7% – у среднеспелого и позднеспелого гибридов (Adaev et al., 2014).

Поражаться заболеванием могут все подвиды кукурузы, но наиболее подвержена воздействию пузырчатой головни крахмалистая кукуруза. Рыхлый и мучнистый эндосперм этого подвида способен быстро впитывать влагу, создавая благоприятные условия для развития грибных заболеваний. Поэтому крахмалистая кукуруза

в сравнении с лопающейся, кремнистой и другими подвидами менее устойчива к болезням и обычно возделывается в засушливых районах (Shmaraev et al., 1995).

В процессе самоопыления растений кукурузы возможно выделить линии с различной степенью устойчивости к пузырчатой головне. Инцухт оказывает настолько сильное воздействие на генотип исходных форм, что вызывает образование линий, контрастных по устойчивости к болезни, от устойчивых до восприимчивых. Такое действие инцухта проявляется уже с первых поколений и продолжается до I_5 . Число линий и степень их устойчивости к головне зависят от наследственных самоопыляемости исходного материала (Guryev, Guryeva, 1990).

Новейшие методики селекционной работы по кукурузе ориентированы на комплексную устойчивость и адаптивность растений и предусматривают разностороннее иммунологическое изучение исходного материала различного эколого-географического происхождения.

Наиболее перспективным методом в борьбе с заболеванием является селекция устойчивых самоопыленных линий и гибридов. Начальный этап селекционной работы на устойчивость к болезням – выявление новых источников устойчивости. Актуальность поиска новых резистентных форм со временем все возрастает, прежде всего вследствие утраты эффективности используемых в настоящее время.

Цель работы – изучение устойчивости к пузырчатой головне на естественном инфекционном фоне образцов коллекции кукурузы Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) различного географического происхождения в условиях степной зоны.

Материал и методы

Исследования выполнены в 2017 г. на поле научного севооборота Кубанской опытной станции – филиала ВИР в соответствии с методическими указаниями ВИР по изучению и поддержанию образцов коллекции кукурузы (Shmaraev, 1985).

Почва опытного участка – чернозем типичный, мощный, малогумусный, сформированный на карбонатном суглинке, с содержанием гумуса в поверхностном горизонте 4,7–5,3%.

Климат региона проведения исследований умеренно теплый, отличается неустойчивостью всех климатических элементов. Метеорологические условия за время проведения исследований способствовали поражению растений кукурузы патогеном. Средняя температура воздуха за вегетационный период составила +18,3°C, что на 0,9°C выше среднемноголетней (+17,4°C), средняя сумма осадков равнялась 483 мм, что на 90 мм выше среднемноголетней (393 мм), а сумма активных температур превысила на 155°C многолетние показатели. Ливневые осадки и перепады суточных температур вызвали интенсивное развитие болезней, были отмечены случаи высокой восприимчивости образцов коллекции (балл 9, поражение более 50% растений в пределах делянки).

Применяли общепринятую для поддержания всхожести коллекционных образцов агротехнику. Посев изучаемых образцов проводили вручную в оптимальные сроки в третьей декаде апреля, предшественник – озимая пшеница. Глубина посева – 5–6 см, площадь учетной делянки – 4,9 м². Густоту стояния растений согласно схеме опыта (50–55 тыс. раст./га) устанавливали при ручной прополке в фазе 4–5-ти листьев.

На естественном инфекционном фоне оценили степень поражения возбудителем пузырчатой головни 594 образцов основных подвигов *Z. mays*: subsp. *indurata* (Sturt.) Zhuk. – кремнистая (F); subsp. *indentata* (Sturt.)

Zhuk. – зубовидная (D); subsp. *semidentata* (Sturt.) Zhuk. – кремнисто-зубовидная (S); subsp. *amylacea* (Sturt.) Zhuk. – крахмалистая (A); subsp. *everta* (Sturt.) Zhuk. – лопающаяся (E) и subsp. *saccharata* (Koern.) Zhuk. – сахарная (Su). Подвиды кукурузы различаются как по морфологическим признакам эндосперма, так и по биологическим свойствам (холодостойкость, жароустойчивость, устойчивость к заболеваниям), а также по химическому составу и технологическим показателям зерна. При изучении коллекционных образцов использовали стандарты: сорт 'Белая ночь', самоопыленные линии F2 и ГК28.

Образцы коллекции кукурузы, представленные местными сортами, самоопыленными линиями, синтетиками и генетическими популяциями, относящиеся к основным подвидам *Z. mays*, различались по эколого-географическому происхождению: азиатские – 52 образца, австралийские – 15, американские – 135 (североамериканские – 57, центральноамериканские – 42, южноамериканские – 36), африканские – 18, европейские – 125 и российского происхождения – 249 образцов.

Полевую оценку степени поражения кукурузы пузырчатой головней проводили через 15 дней после начала массового цветения образцов и при уборке початков. Учитывали число пораженных растений и число пораженных початков, процент пораженных растений, степень поражения коллекционных образцов оценивали в баллах по шкале международного классификатора СЭВ *Z. mays* (International COMECON..., 1984), где: балл 1 – очень слабое поражение (менее 1% пораженных растений); балл 3 – слабое поражение (1–10%); балл 5 – среднее поражение (11–25%); балл 7 – сильное поражение (26–50%); балл 9 – очень сильное поражение (более 50%). Дополнительным баллом (балл 0) к основной шкале поражения отмечали образцы, в пределах делянок которых поражение растений патогеном полностью отсутствовало.

Результаты и обсуждение

Симптомы заболевания не выявили у 173 образцов (балл 0), 162 генотипа были поражены очень слабо (балл 1). Слабо поражились патогеном 148 образцов кукурузы (балл 3, поражено до 10% растений), 95 образцов оказались среднеустойчивыми (балл 5, поражено до 25%) и 16 образцов были сильно восприимчивы (баллы 7 и 9, > 25% растений) к патогену (рисунок).

Устойчивые формы (баллы 0 и 1) встречаются среди всех подвигов кукурузы: subsp. *indurata* (кремнистая) – 183 образца; subsp. *indentata* (зубовидная) – 84; subsp. *semidentata* (кремнисто-зубовидная) – 28; subsp. *everta* (лопающаяся) – 18; subsp. *amylacea* (крахмалистая) – 12; subsp. *saccharata* (сахарная) – 10 образцов. Наибольшее процентное количество высокоустойчивых образцов коллекции (балл 1) отмечено в подвидах subsp. *indentata* – 69,4%, subsp. *everta* – 69,2% и subsp. *semidentata* – 66,7%, наименьшее в подвидах subsp. *amylacea* – 50,0%, subsp. *indurata* – 50,2% и subsp. *saccharata* – 58,8% (таблица).

Слабо поражились преимущественно российские, североамериканские и европейские местные сорта и самоопыленные линии этих подвигов кукурузы; сильнее – образцы, поступившие в коллекцию из других стран мира, в частности из азиатского и южноамериканского регионов.

Средний балл поражения пузырчатой головней варьировал от 1,69 (subsp. *everta*) до 2,67 (subsp. *amylacea*) при среднем балле поражения по опыту 2,17. Наиболее устойчивыми к патогену подвидами оказались subsp. *everta* (средний балл поражения 1,69), subsp. *indentata* (1,89) и subsp. *semidentata* (1,90).

Встречаемость образцов со слабой степенью поражения (балл 3) высока у subsp. *indurata* – 28,0%, subsp. *everta* – 26,9% и subsp. *semidentata* – 23,8%, несколько ниже у subsp. *amylacea* – 16,7%, а также у subsp. *saccharata* – 17,7% и subsp. *indentata* – 18,2%.

Образцы subsp. *amylacea* более других подвигов кукурузы восприимчивы к заболеванию (средний балл поражения 2,67). Также восприимчивы к поражению пузырчатой головней образцы subsp. *indurata* (средний балл 2,58) и subsp. *saccharata* (средний балл 2,29). Вследствие большого количества крахмальных зерен рыхлый эндосперм этих подвигов способен быстро впитывать влагу, создавая в зерновке благоприятные условия для развития патогенов. Эти подвиды, особенно крахмалистая кукуруза, считаются менее устойчивыми к заболеваниям (Shmaraev et al., 1995). Следует отметить особую ценность выделенных нами устойчивых образцов крахмалистого подвида *amylacea* с легко отделяющимся зародышем, содержащих крахмал высокого качества, являющийся ценным сырьем в пищевой промышленности.

Выявлено 16 восприимчивых (баллы 7–9, поражено > 25% растений) к заболеванию образцов (1,2% от об-

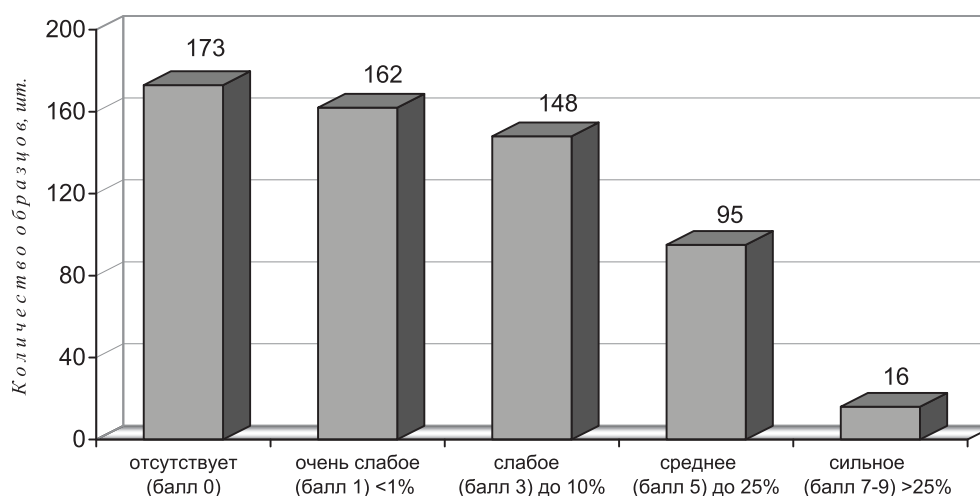


Рисунок. Степень поражения изучаемых образцов коллекции кукурузы пузырчатой головней (Кубанская ОС ВИР, 2017 г.)

Figure. Boil smut infection rates in the studied maize accessions (Kuban Experiment Station of VIR, 2017)

Таблица. Характеристика подвидов кукурузы коллекции ВИР по устойчивости к поражению пузырчатой головней (Кубанская ОС ВИР; 2017 г.)**Table. Boil smut infection rates in maize subspecies from the VIR collection (Kuban ES of VIR, 2017)**

Подвид (subsp.)	изучено образцов	средний балл поражения	Распределение образцов по степени поражения, балл							
			очень слабое (баллы 0, 1)		слабое (балл 3)		среднее (балл 5)		сильное (баллы 7, 9)	
			обр.	%	обр.	%	обр.	%	обр.	%
<i>indurata</i>	364	2,58	183	50,2	102	28,0	65	17,9	14	3,9
<i>indentata</i>	121	1,89	84	69,4	22	18,2	14	11,6	1	0,8
<i>semidentata</i>	42	1,90	28	66,7	10	23,8	3	7,1	1	2,4
<i>everta</i>	26	1,69	18	69,2	7	26,9	1	3,8	–	–
<i>amylacea</i>	24	2,67	12	50,0	4	16,7	8	33,3	–	–
<i>saccharata</i>	17	2,29	10	58,8	3	17,7	4	23,5	–	–
среднее, $\bar{x}$	–	2,17	–	60,7	–	21,8	–	16,2	–	1,2

щего количества). Наиболее часто восприимчивые образцы встречались в пределах subsp. *indurata* (3,9%); выделено незначительное число сильно пораженных образцов у subsp. *semidentata* (2,4%) и subsp. *indentata* (0,8%), некоторые генотипы которых могут отличаться повышенным содержанием крахмала в эндосперме зерновки. В подвидах *everta*, *saccharata* и *amylacea* образцов с сильным поражением заболеванием не отмечено. В то же время подвиды *saccharata* и *amylacea* отличались значительным количеством образцов со средней степенью поражения (балл 5, поражено до 25%) – 33,3 и 23,5% соответственно, что выделило эти подвиды как неустойчивые к заболеванию.

Таким образом, полевые исследования позволили выявить полиморфизм образцов коллекции кукурузы по устойчивости к *U. zeae*. Устойчивые к заболеванию формы могут быть выделены в пределах любого подвида сортирента коллекционных образцов, особенно в благоприятные для развития патогена периоды.

Наиболее интересны для селекции устойчивые образцы подвида *everta*, в наименьшей степени поражаемые пузырчатой головней в неблагоприятный по метеословиям год изучения, что имеет немаловажное значение для получения нового исходного материала в условиях юга России. Зерно лопающейся кукурузы отличается сравнительно высоким содержанием белка (до 16%) и может широко использоваться в пищевом производстве для изготовления круп, хлопьев и других изделий.

Определенное значение в селекционной работе с кукурузой для получения высокопродуктивных гибридов имеют подвиды *indentata* и *semidentata* с зубовидной консистенцией зерна, поражаемые болезнью незначительно (средний балл поражения 1,89 и 1,90 соответственно) и отличающиеся такими селекционно ценными признаками, как ускоренная влагоотдача зерна при уборке, урожайность, устойчивость к полеганию, отсутствие кустиности.

По результатам изучения устойчивости коллекции кукурузы к пузырчатой головне на естественном инфекционном фоне выделены образцы, на растениях которых симптомы заболевания не выявлены:

- subsp. *indurata*: образцы из Аргентины (к-6500), Албании (к-11158), Белоруссии (к-10742), Венгрии (к-5435), Индии (к-5284), Канады (к-6472; к-6485), Китая (к-9942), России (к-7120), Португалии (к-18749), Узбекистана (к-11475), Франции (к-19985) Швейцарии (к-5700);

- subsp. *indentata*: образцы из Абхазии (к-9439), Испании (к-6633; к-6639), Канады (к-6470), Мексики (к-19430), России (к-7123), Румынии (к-18593), США (к-7011; к-7166), Украины (к-10883), Франции (к-18306);

- subsp. *semidentata*: образцы из Аргентины (к-21471), Италии (к-7193), Испании (к-18334), России (к-11455), Узбекистана (к-11468), Чехии (к-19439), Франции (к-18234), Эстонии (к-11987);

- subsp. *everta*: образцы из Аргентины (к-5711), Болгарии (к-5446), Венгрии (к-14534), Мексики (к-19726; к-19740), России (к-19583), Уругвая (к-12679), США (к-15907), Югославии (к-18155);

- subsp. *amylacea*: образцы из Казахстана (к-15242), Мексики (к-1813), России (к-5665; к-11144), США (к-6704; к-6738);

- subsp. *saccharata*: образцы из Аргентины (к-18141), Германии (к-3447), Индии (к-19998), Италии (к-11926), России (к-5555; к-20907), США (к-134; к-15992), Франции (к-18656).

Заключение

Полевые исследования коллекционных образцов кукурузы на Кубанской опытной станции ВИР позволили выделить материал, отличающийся слабой степенью поражения пузырчатой головней (*Ustilago zeae*) в условиях степной зоны Краснодарского края. Устойчивые формы выделены среди подвидов кукурузы, использующихся в селекции гибридов *Zea mays* как пищевого (subsp. *saccharata*, subsp. *everta*, subsp. *amylacea*), так и кормового (subsp. *indurata*, subsp. *indentata*, subsp. *semidentata*) направлений. После двухлетнего углубленного изучения выделенные формы могут быть рекомендованы для селекции на иммунитет.

References/Литература

- Adaev N.L., Adinyaev E.D., Amaeva A.G., Khamzatova M.K. Complex resistance of domestic and foreign maize hybrids to various diseases (Kompleksnaya ustoychivost gibridov kukuruzy otechestvennoy i zarubezhnoy selektsii k razlichnym bolezniam). *Kukuruza i sorgo = Maize and Sorghum*. 2014;(4):25-28 [in Russian] (Адаев Н.Л., Адиньяев Э.Д., Амаева А.Г., Хамзатова М.Х. Комплексная устойчивость гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции к различным болезням. *Кукуруза и сорго*. 2014;(4):25-28).
- Gavrilyuk V., Dmitrishak M. Diseases of sweet corn (Bolezni sakharной kukuruzy). *Agro Mage*. [in Russian] (Гаврилюк В., Дмитришак М. Болезни сахарной кукурузы. *Agro Mage*). URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=293 [дата обращения 12.03.2019].
- Guryev B.P., Guryeva I.A. Maize breeding for earliness (Seleksiya kukuruzy na rannespelost). Moscow: Agropromizdat; 1990. [in Russian] (Гурьев Б.П., Гурьева И.А. Селекция кукурузы на раннеспелость. Москва: Агропромиздат; 1990).
- International COMECON list of descriptors for *Zea mays* L. (Mezhdunarodny klassifikator SEV vida *Zea mays* L.). Leningrad: VIR; 1984. [in Russian] (Международный классификатор СЭВ вида *Zea mays* L. Ленинград: ВИР; 1984).
- Krivchenko V.I., Khokhlova A.P. Smut diseases of cereals (Golovnevye bolezni zernovykh kultur). In: *The study of the genetic resources of cereal crops for resistance to harmful organisms. Guidelines (Izucheniye geneticheskikh resursov zernovykh kultur po ustoychivosti k vrednym organizmam. Metodicheskoye posobiye)*. Moscow: Rosselkhozakademiya; 2008. p.32-85. [in Russian] (Кривченко В.И., Хохлова А.П. Головневые болезни зерновых культур. В кн.: *Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие*. Москва: Россельхозакадемия; 2008. С.32-85).
- Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Sectoral program "Production and Processing of Maize Grain in the Russian Federation for 2013-2015" (Ministerstvo selskogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii. Otraselevaya programma "Proizvodstvo i pererabotka zerna kukuruzy v Rossiyskoy Federatsii na 2013-2015 gody"). [in Russian] (Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Отраслевая программа «Производство и переработка зерна кукурузы в Российской Федерации на 2013-2015 годы»). URL: www.dairynews.ru/imagesnew2/OCR_kukuruza.doc [дата обращения: 29.01.2015].
- Shmaraev G.E. Maize genetic diversity and breeding (Genofond i seleksiya kukuruzy). In: *Theoretical basis of plant breeding (Teoreticheskiye osnovy selektsii)*. Vol. 4. St. Petersburg; 1999. p.129-138. [in Russian] (Шмараев Г.Е. Генофонд и селекция кукурузы В кн.: *Теоретические основы селекции*. Т. 4. Санкт-Петербург; 1999. С.129-138).
- Shmaraev G.E. (ed.) Studying and maintenance of maize collection accessions: Guidelines (Izucheniye i podderzhanie obraztsov kollektzii kukuruzy: Metodicheskiye ukazaniya). Leningrad: VIR; 1985. [in Russian] (Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы: Методические указания / под ред. проф. Г.Е. Шмараева. Ленинград: ВИР; 1985).
- Shmaraev G.E., Vedenev G.I., Podolskaya A.P., Babayants A.F. Genetics of quantitative and qualitative traits of maize (Genetika kolichestvennykh i kachestvennykh priznakov kukuruzy). St. Petersburg: VIR; 1995. [in Russian] (Шмараев Г.Е., Веденев Г.И., Подольская А.П., Бабаянц А.Ф. Генетика количественных и качественных признаков кукурузы. Санкт-Петербург; 1995).
- Sotchenko Yu.V., Sotchenko E.F., Konareva E.A., Dztiyeva Z.A. The source material for maize breeding in the foothill area of Stavropol Territory (Iskhodny material dlya selektsii kukuruzy v predgornoy zone Stavropolskogo kraya). *Kukuruza i sorgo = Maize and Sorghum*. 2016;(4):15. [in Russian] (Сотченко Ю.В., Сотченко Е.Ф., Конарева Е.А., Дзтиева З.А. Исходный материал для селекции кукурузы в предгорной зоне Ставропольского края. *Кукуруза и сорго*. 2016;(4):15).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Бойко В.Н. Полевая оценка образцов коллекции кукурузы по устойчивости к пузырчатой головне. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):91-95. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-91-95

Boyko V.N. Field assessment of accessions from the maize collection for resistance to boil smut. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):91-95. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-91-95

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-91-95>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОМИЦЕТОВ НА ОВСЕ ПОСЕВНОМ (*AVENA SATIVA* L.) В УСЛОВИЯХ СТУПИНСКОГО РАЙОНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-96-105

УДК 636.086.13: 632.4

Поступление/Received: 30.08.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

Ю. И. ВАРГАЧ^{1*}, С. Е. ГОЛОВИН¹, И. Г. ЛОСКУТОВ²

¹ Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, 115598 Россия, г. Москва, ул. Загорьевская, 4;
* ulvargach@gmail.com

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
i.loskutov@vir.nw.ru

RESEARCH ON MICROMYCETES IN OATS (*AVENA SATIVA* L.) UNDER THE CONDITIONS OF STUPINO DISTRICT, MOSCOW PROVINCE

J. I. VARGACH^{1*}, S. E. GOLOVIN¹, I. G. LOSKUTOV²

¹ All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery (ARHIBAN), 4 Zagoryevskaya St., Moscow 115598, Russia;
* ulvargach@gmail.com

² N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
i.loskutov@vir.nw.ru

Актуальность. Грибные болезни являются ключевой причиной ухудшения качества зерна и понижения урожая зерновых и зернофуражных культур. Сокращение посевных площадей и, как следствие, нарушение правил севооборотов, перенасыщение их зерновыми культурами, весенне-летние засухи содействуют массовому появлению и обширному распространению новых облигатных и факультативных заболеваний во всех регионах страны. Поэтому сейчас особо остро стоит вопрос о поиске разнообразных доноров и источников устойчивости. **Объект исследования** – зерновки 41 образца овса из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, полученные в 2016–2018 гг. в полевых севооборотах НПО генофонда Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ВСТИСП; п. Михнево, Ступинский р-н, Московская обл.). Выявление видового разнообразия микромицетов на зерне проводилось **методом** «влажных камер» Литвинова и световой микроскопии. Видовую принадлежность микромицетов определяли по определителям. **Результаты.** Установлен преобладающий паток-комплекс микромицетов на зерне овса в Московской области из родов: *Alternaria* (*A. infectoria*, *A. tenuissima*), *Cladosporium* (*Cl. cladosporioides*, *Cl. herbarum*) и *Fusarium* (*F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. heterosporum*, *F. nivale* var. *livale*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* var. *minus*, *F. tricinctum*). **Заключение.** Выделены образцы, характеризовавшиеся наименьшей зараженностью фитопатогенами – голозерный Местный (к-15290, Великобритания), пленчатые – ‘Буланы’ (к-15277, РФ, Московская обл.) и ‘Закат’ (к-15384, Украина). Фузариевые грибы на данных образцах были представлены одним видом – *F. avenaceum*.

Ключевые слова: овес пленчатый, овес голозерный, микромицеты, патогены, болезни зерновых.

Background. Fungal diseases are the main cause of the deterioration of grain quality and lower yield of cereals crops. Reduction of acreage, and, as a consequence, violation of crop rotation rules, oversaturation of fields with cereals, spring and summer droughts contribute to the mass emergence and widespreading of new obligate and facultative diseases in all regions of the country. Therefore, the search for a variety of donors and sources of sustainability is a vital task. **Materials and methods.** Materials engaged in the research were kernels of 41 oat accessions from the VIR collection of plant genetic resources, obtained in 2016–2018 in field crop rotations by the Genetic Diversity Research Department of ARHIBAN (Mikhnevo, Stupino District, Moscow Province). The specific diversity of micromycetes in grain was identified using Litvinov's “wet chambers” technique and light microscopy. **Results.** The dominant pathocomplex of micromycetes in oat grain in Moscow Province was found to belong to the genera *Alternaria* (*A. infectoria*, *A. tenuissima*), *Cladosporium* (*Cl. cladosporioides*, *Cl. herbarum*) and *Fusarium* (*F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. heterosporum*, *F. nivale* var. *livale*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* var. *minus*, and *F. tricinctum*). **Conclusion.** The hulled cultivars ‘Bulanyi’ (VIR-15277, Russia, Moscow Prov.) and ‘Zakat’ (VIR-15384, Ukraine), and the naked cultivar Mestnyi (VIR-15290, UK) demonstrated the least contamination with pathogens: *Fusarium* fungi in these accessions were represented by one species – *F. avenaceum*.

Key words. hulled oats, naked oats, micromycetes, pathogens, diseases of cereals.

Введение

По данным ФАО (FAOSTAT, 2018), потери урожая зерновых и зернофуражных культур от болезней составляют в мире порядка 9%. Болезни не только снижают урожай, но также являются основной причиной ухудшения качества зерна. За минувшие годы, ввиду ряда факторов, фитосанитарная обстановка на полях РФ ухудшилась. Наблюдается рост заболеваемости растений (Batalova, 2008), численности насекомых-вредителей, их активизация и миграция в северном направлении. Нарушение правил севооборотов, перенасыщение

их зерновыми культурами, весенне-летние засухи содействуют массовому появлению и обширному распространению новых облигатных и факультативных заболеваний. Ключевыми вредоносными заболеваниями овса в России являются корончатая и стеблевая ржавчины, пыльная и твердая головня. Начиная с 2000 г. ученые во всем мире обратили внимание на известное ранее, но недостаточно изученное заболевание – фузариоз зерна (Gavrilova et al., 2016). Все более вредоносными становятся факультативные грибные заболевания – гельминтоспориоз, септориоз, миратециум, корневые гнили, оливковая плесень.

Использование в производстве восприимчивых к болезням и вредителям генетически близких по генам устойчивости сортов может привести к эпифитотиям. Поэтому сейчас особенно остро стоит вопрос о поиске и выведении разнообразных доноров и источников устойчивости. Целью нашего исследования было уточнение видового состава микромицетов, входящих в патоккомплекс на овсе и ячмене в условиях Ступинского района Московской области и выделение наименее пораженных образцов.

Материалы и методы

Выявление видового разнообразия микромицетов на зерне и, в первый год изучения, на корнях и стеблях растений проводили в отделе биотехнологии и защиты растений Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ВСТИСП) в 2016–2019 гг. методом «влажных камер» Литвинова (Litvinov, 1969) и световой микроскопии.

Объектами исследований были 41 образец овса из коллекции ВИР, которые относились к гексаплоидному ($2n = 42$) культурному виду *Avena sativa* L. Данный набор образцов имел широкое эколого-географическое происхождения с различной степенью селекционной проработки (местные, примитивно-селекционные и современные селекционные сорта). Среди образцов овса посевного 21 относится к пленчатому подвиду (*A. sativa* subsp. *sativa* Rod. et Sold.), 20 – к голозерному (*A. sativa* subsp. *nudisativa* (Husnot.) Rod. et Sold.).

Образцы были получены с полевого севооборота НИО генофонда ВСТИСП (пос. Михнево, Ступинский р-н, Московская обл.) в 2016–2018 гг. Фенологические наблюдения и иммунологические оценки проводились согласно методическим указаниям, разработанным в ВИР (Loskutov et al., 2012).

Для изучения зараженности образцов, материал (зерновки, корни и стебли) помещали во влажные камеры на 8–10 суток (после поверхностной стерилизации полови-

ны из них 70-процентным этанолом, другой половины – дистиллированной водой).

Некоторые изоляты грибов для уточнения видовой принадлежности помещали на картофельно-сахарозную агаризированную (КГА) среду (Gagkaeva et al., 2011). Видовую принадлежность микромицетов определяли по определителям (Pidoplichko, 1977; Gerlach, Nirenberg, 1982; Simmons, 2007; Bensch et al., 2012).

Результаты и обсуждение

В результате микологических исследований нами было идентифицировано в общей сложности 46 видов микромицетов с различной степенью встречаемости, которая была обусловлена абиотическими факторами и устойчивостью образцов. Чаще всего фиксировались грибы из родов *Alternaria* Sacc., *Fusarium* Link ex Fr., *Cladosporium* Link, *Acremonium* Fr., *Rhizopus* Ehrenb., которые, по сообщениям многих исследователей, входят в патоккомплекс на зерновых культурах (Grigoriev, 2016; Kiseleva et al., 2016; Gavrilova et al., 2016). На рисунке 1 и в таблице 1 отображены основные фитопатогены, которые были обнаружены за годы изучения.

Среди видов из рода *Alternaria* на растениях овса в 2016 г. доминировал вид *A. infectoria* E. G. Simmons (рис. 4), а в 2017 и 2018 г. – *A. tenuissima* (Kunze) Wiltshire (рис. 5); последний доминировал по частоте встречаемости (см. табл. 1).

Из видов рода *Cladosporium* наиболее часто встречались два: *Cl. cladosporioides* (Fres.) de Vries и *Cl. herbarum* (Pers.) Link ex Fr., при том что первый вид имел частоту встречаемости значительно выше (см. табл. 1).

Из грибов рода *Fusarium* наиболее часто встречались такие виды, как *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. (19,2%), *F. proliferatum* (Matsush.) Nirenberg (16,9%), *F. poae* (Peck.) Wollenw. (16,7%) (рис. 2), *F. heterosporum* Ness & T. Ness (8%), реже *F. oxysporum* Schldtl., *F. sporotrichioides* Sherb., *F. tricinctum* (Corda) Sacc., *F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc. (рис. 3), *F. nivale* (Fr.) Sorauer, *F. solani* (Mart.) Sacc.

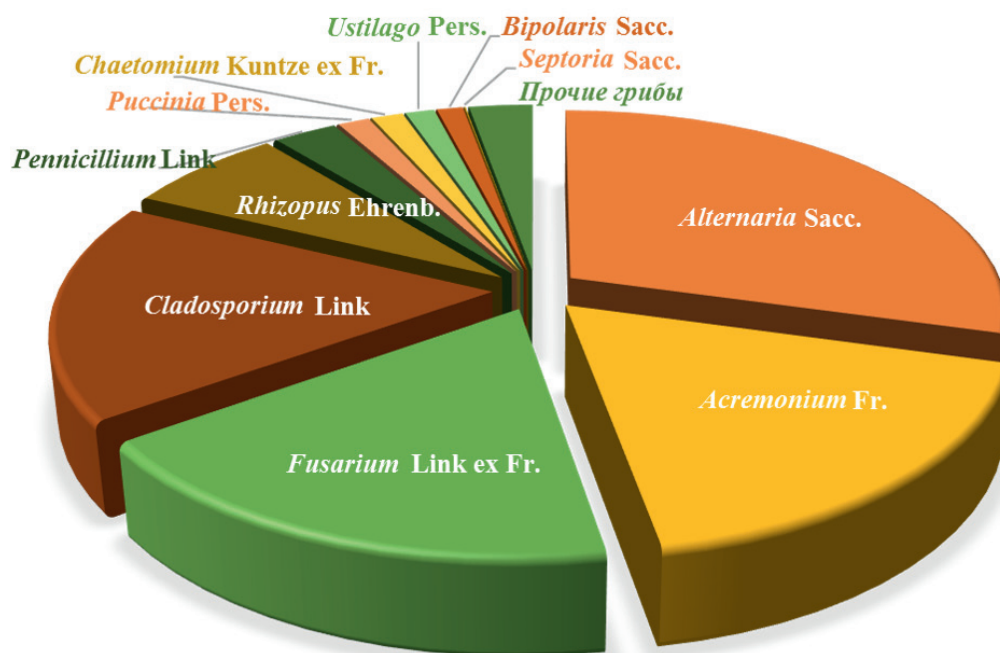


Рис. 1. Родовой состав микоценоза зерна овса (%)

Fig. 1. Generic composition of the mycocenosis on oat grain (%)

Таблица 1. Видовой состав микоценоза зерна овса (Михнево, 2016–2018 гг.)
Table 1. Species composition of the mycocenosis on oat grain (Mikhnevo, 2016–2018)

Виды грибов	Частота встречаемости, %							
	Пленчатые формы				Голозерные формы			
	2016	2017	2018	$\bar{X}$	2016	2017	2018	$\bar{X}$
<i>Acremoniella atra</i>	0,8	–	–	0,8	–	–	–	–
<i>Acremonium</i> spp.	47,7	34,9	68,3	50,3	31,9	46,7	70,8	49,8
<i>Alternaria</i> spp.	31,8	0,8	–	16,3	18,8	0,8	–	9,8
<i>A. infectoria</i>	28,0	4,0	–	16,0	11,8	1,7	–	6,7
<i>A. tenuisima</i>	29,5	92,9	85,7	69,4	17,4	53,3	55,0	41,9
<i>Arthrotrichy oligospora</i>	1,5	–	–	1,5	3,5	–	–	3,5
<i>Aspergillus</i> spp.	–	–	–	–	0,7	–	–	0,7
<i>Aureobasidium</i> spp.	–	–	0,8	0,8	–	–	–	–
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	6,1	0,8	–	3,4	6,3	0,8	0,8	2,6
<i>Chaetomium</i> spp.	1,5	0,8	15,1	5,8	0,7	–	0,8	0,8
<i>Cladosporium</i> spp.	42,4	–	–	42,4	38,2	–	–	38,2
<i>Cl. cladosporioides</i>	0,8	28,6	23,8	17,7	–	48,3	13,3	30,8
<i>Cl. herbarum</i>	0,8	22,2	7,1	10,0	–	7,5	5,8	6,7
<i>Compostosporium</i> spp.	–	0,8	–	0,8	–	0,8	–	0,8
<i>Fusarium</i> spp.	7,6	8,7	0,8	5,7	7,6	9,2	1,7	6,2
<i>F. avenaceum</i>	15,9	15,9	2,4	11,4	4,9	10,8	–	7,8
<i>F. culmorum</i>	1,5	–	–	1,5	2,1	–	–	2,1
<i>F. heterosporum</i>	3,0	1,6	0,8	1,8	7,6	9,2	1,7	6,2
<i>F. nivale</i> var. <i>nivale</i>	3,0	–	0,8	1,9	–	1,7	–	1,7
<i>F. oxysporum</i>	–	1,6	3,2	2,4	2,8	4,2	4,2	3,7
<i>F. poae</i>	13,6	3,2	9,5	8,8	10,4	3,3	10,0	7,9
<i>F. proliferatum</i>	16,7	4,8	1,6	7,7	7,6	9,2	10,8	9,2
<i>F. solani</i>	–	0,8	–	0,8	1,4	–	–	1,4
<i>F. sporotrichioides</i> var. <i>minus</i>	1,5	4,0	–	2,7	1,4	3,3	–	2,4
<i>F. tricinctum</i>	–	0,8	2,4	1,6	3,5	–	1,7	2,6
<i>Penicillium</i> spp.	4,5	2,4	4,8	3,9	13,9	9,2	30,0	17,7
<i>Puccinia graminis</i> var. <i>avenae</i>	0,8	10,3	1,6	4,2	2,1	3,3	–	2,7
<i>Rhizopus</i> spp.	31,8	0,8	15,9	16,2	31,3	5,8	78,3	38,5
<i>Stigmina trimeria</i>	–	4,8	–	4,8	–	0,8	0,8	0,8
<i>Thrioderma</i> spp.	–	–	–	–	0,7	–	–	0,7
<i>Thriothecium roseum</i>	–	0,8	2,4	1,6	0,7	–	–	0,7
<i>Ustilago avenae</i>	1,5	13,5	1,6	5,5	–	–	–	–
<i>Septoria avenae</i>	0,8	–	–	0,8	–	–	–	–
<i>Mucor</i> spp.	1,5	–	–	1,5	–	–	–	–
<i>Laptospaeria avenaria</i>	0,8	–	–	0,8	–	–	–	–
<i>Rhizoctonia solani</i>	0,8	–	–	0,8	–	–	–	–
<i>Torula</i> spp.	–	–	–	–	0,7	–	–	0,7
<i>Helicomycetes</i> spp.	–	–	–	–	0,7	–	–	0,7
Бактерии	3,8	0,8	–	2,3	3,5	4,2	1,7	3,1
Прочие грибы	1,5	–	1,6	1,6	6,3	0,8	–	7,1



Рис 2. Макро- и микроконидии *Fusarium poae*
(Михнево, 2016)

Fig. 2. Macro- and microconidia of *Fusarium poae*
(Mikhnevo, 2016)



Рис 4. Конидии *Alternaria infectoria*
(Михнево, 2016)

Fig. 4. Conidia of *Alternaria infectoria*
(Mikhnevo, 2016)



Рис 3. Макроконидии *Fusarium culmorum*
(Михнево, 2016)

Fig. 3. Macroconidia of *Fusarium culmorum*
(Mikhnevo, 2016)



Рис 5. Конидии *Alternaria tenuissima*
(Михнево, 2017)

Fig. 5. Conidia of *Alternaria tenuissima*
(Mikhnevo, 2016)

Исследуемые образцы в 2016–2017 гг. были сильно заражены возбудителем ржавчины зерновых – грибом *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *avenae* Eriks. Частота встречаемости этого гриба составила 56,2% на растениях овса и 6% на зерновках (см. табл. 1). Возбудитель красно-бурой пятнистости *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, (= *Helminthosporium sativum* Pammel, C.M. King & B.) был выделен на зерне 5% проанализированных образцов.

Встречались видоспецифические патогены, такие как возбудитель пыльной головни овса – *Ustilago avenae* (Pers.) Jens. и возбудитель септориоза овса – *Septoria avenae* Frank.

Почвенные микромицеты *Rhizoctonia solani* (J.G. Kühn), *Cylindrocarpon* Wollenw. spp., *Pythium* Pringsheim spp., *Typhula* (Pers.) Fr. spp., которые известны как возбудители корневых и прикорневых гнилей многих культурных растений, встречались очень редко.

Многие грибы из рода *Acremonium* Link (*Cephalosporium*) могут являться микопаразитами и паразитировать на гифах других почвенных грибов. В частности, в нашем исследовании мы наблюдали, как некоторые виды из этого рода паразитировали на гифах таких микромицетов, как *Rhizopus nigricans* (Ehrenb.) Vuill., *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana*.

Некоторые различия по видовому составу микромицетов наблюдаются между образцами овса. Наименьшее количество фузариевых грибов за три года было найдено на голозерном образце Местный (к-15290) (табл. 2) и на пленчатых образцах 'Буланный' (к-15277) и 'Закат' (к-15384) – *Fusarium avenaceum* (табл. 3). В среднем же находили от двух до пяти видов фузариевых грибов на пленчатых и до семи – на голозерных образцах.

Bipolaris sorokiniana был отмечен только на 15 образцах, а на остальных этот гриб не встречался.

Для оценки возможности переноса видов микромицетов с зерном овса в поле осенью 2016 г. был проведен микологический анализ зерна некоторых образцов после сбора урожая. Виды из рода *Fusarium* наиболее часто встречались на зерне овса. В частности, *F. proliferatum* имел высокую частоту встречаемости как на зерне, так и на растениях овса в поле. Другой вид *F. culmorum* был обнаружен только у сорта 'Bötö' на зерне и на растениях в поле. Тем не менее некоторые виды из этого рода, например, *F. avenaceum*, на зерне отмечены не были, но из растений выделялись. По-видимому, заражение растений этим грибом произошло в поле.

Таблица 2. Частота выделения (%) микромицетов из зерна голозерных образцов овса (Михнево, 2016–2018 гг.)
Table 2. Frequency of isolation (%) of micromycetes from the grain of naked oat cultivars (Mikhnevo, 2016–2018)

Микромицеты	(к-14851) Numbat	(к-14960) Вятский	(к-15063) Сибирский голозерный	(к-15290) Местный	(к-15339) Проресс	(к-15372) Татар	(к-15493) UFRGS 106150-3	(к-15647) Yuan Za 2	(к-15648) Bai Yan 5	(к-15649) Bai Yan 1	(к-15650) Bai Yan 4	(к-15653) Pin 16	(к-15657) Bai Yan 10	(к-15665) Ba You 3	(к-151475) Бекас	(к-15505) Автол	(к-15520) Din Yan 4	(к-15382) Сmachный (Скарб України)	(к-15461) Королек	(к-14717) Пушкинский
<i>Acremonium</i> spp.	++	+++	+++	++	++++	++++	+++	+++	+++	++++	+	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	+++
<i>Alternaria</i> spp.	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Al. infectoria</i>	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-
<i>Al. tenuissima</i>	++	++	++	+++	++	++	+++	++++	+++	+++	++	+++	++	+++	++	++	+++	++	+++	+++
<i>Arthrobotrys oligospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Aspergillus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-
<i>Chaetomium</i> spp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> spp.	-	++	+	+	++	+	+	++	+	-	++	+	++	+	+	+	++	+	+	+
<i>Cl. cladosporioides</i>	+	+	++	+	+	+	++	++	+	++	++	+	++	-	+	++	++	+	+	++
<i>Cl. herbarum</i>	+	++	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Compostosporium</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fusarium</i> spp.	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
<i>F. avenaceum</i>	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>F. culmorum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. heterosporum</i>	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
<i>F. nivale</i> var. <i>nivale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. oxysporum</i>	-	+	-	-	-	-	-	++	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>F. poae</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	++	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+

Таблица 2. (окончание)
Table 2. (continued)

Микромицеты	(к-14851) Numbat	(к-14960) Вятский	(к-15063) Сибирский голубозерный	(к-15290) Местный	(к-15339) Проресс	(к-15372) Татар	(к-15493) UFRGS 106150-3	(к-15647) Yuan Za 2	(к-15648) Bai Yan 5	(к-15649) Bai Yan 1	(к-15650) Bai Yan 4	(к-15653) Pin 16	(к-15657) Bai Yan 10	(к-15665) Ba You 3	(к-151475) Бекас	(к-15505) Аврол	(к-15520) Din Yan 4	(к-15382) Смачный (Скарб Украйны)	(к-15461) Королек	(к-14717) Пушкинский
<i>F. proliferatum</i>	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	++	+	-	+	++	+
<i>F. solani</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. sporotrichioides</i> var. minus	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>F. tricinum</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Penicillium</i> spp.	+	++	++	+	+	+	++	+	+	++	++	+	+	+	++	++	+	-	+	+
<i>Puccinia graminis</i> var. <i>avenae</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pythium</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizopus nigricans</i>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
<i>Stigmata trimera</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Thrioderma</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thriothecium roseum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Бактерии	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
Saccharomycetaceae	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+
Прочие грибы	+++	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-

Примечание: степень встречаемости: (+) – низкая (5–20%); (++) – ниже средней (21–40%); (+++) – средняя (41–60%); (+++++) – выше средней (61–80%); (+++++) – высокая (81–100%); (–) – не встречаются.

Таблица 3. Частота выделения (%) микромицетов из зерна пленчатых образцов овса (Михнево, 2016–2018 гг.)
 Table 3. Frequency of isolation (%) of micromycetes from the grain of hulled oat cultivars (Mikhnevo, 2016–2018)

Микромицеты	(к-15277) Буланный	(к-15349) Z 615-4	(к-15352) Нава	(к-15357) GN 08207	(к-15358) GN 08214	(к-15367) Bötö (Veggerlöse)	(к-15384) Закат	(к-15391) Авену	(к-15400) Аутевил	(к-15402) Јарелоп	(к-15403) Белло	(к-15404) Минце	(к-15405) Рапен	(к-15413) Ефективне	(к-15421) Малин	(к-15516) Зошто	(к-15517) Дакар	(к-15462) Фристайл	(к-15463) Элегант	(к-15500) Мирт	(к-14231) Улов
<i>Acremonia atra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acremonium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Alternaria</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Al. infectoria</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Al. tenuissima</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Arthrobotrys oligospora</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aureobasidium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chaetomium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladosporium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cl. cladosporioides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cl. herbarum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Compostosporium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fusarium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. avenaceum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. culmorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. heterosporum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. nivale</i> var. <i>nivale</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. oxysporum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 3. (окончание)
Table 3. (continued)

Микромицеты	(к-15277) Буланный	(к-15349) Z 615-4	(к-15352) Нага	(к-15357) GN 08207	(к-15358) GN 08214	(к-15367) Bôto (Veggerlose)	(к-15384) Закал	(к-15391) Aveny	(к-15400) Auteuil	(к-15402) Japeloup	(к-15403) Belino	(к-15404) Minue	(к-15405) Raven	(к-15413) Effekive	(к-15421) Malin	(к-15516) Zorto	(к-15517) Dakar	(к-15462) Фристайл	(к-15463) Элегант	(к-15500) Мирт	(к-14231) Улов
<i>F. poae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. proliferatum</i>	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. solani</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. sporotrichioides</i> var. <i>minus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>F. tricinum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Puccinia graminis</i> var. <i>avenae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizopus nigricans</i>	+	++	+	+	++	+	++	+	+	++	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stigmata trimera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thriothecium roseum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ustilago avenae</i>	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Septoria avenae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Бактерии	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Saccharomycetaceae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Прочие грибы	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: степень встречаемости: (+) – низкая (1–20%); (++) – ниже средней (21–40%); (+++) – средняя (41–60%); (+++++) – выше средней (61–80%); (+++++) – высокая (81–100%); (–) – не встречаются

О заражении растений овса в поле также говорит тот факт, что такие патогены, как *Puccinia graminis*, *Ustilago avenae* и *Septoria avenae*, на зерне овса в первый год изучения отмечены не были, а растения в поле были ими поражены.

Виды из родов *Alternaria* и *Cladosporium* также выделялись из зерна овса и из растений в поле.

Почвенные микромицеты *Acremonium* spp. и *Rhizopus nigricans* встречались на зерне овса, а также присутствовали на растениях в поле.

Проведенные исследования показали, что в условиях Ступинского района Московской области на растениях овса присутствует патоккомплекс микромицетов из родов *Bipolaris*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*. Эти данные соответствуют сообщениям многих авторов (Alekhin et al., 2004; Kazakova et al., 2013; Gavrilova et al., 2016; Grigoriev, 2016; Kiseleva et al., 2016), которые отмечали наличие данного патоккомплекса на зерновых культурах в России. Тем не менее наши данные по видовому составу несколько отличаются от данных других исследователей. В частности, О. П. Гаврилова с соавторами (Gavrilova et al., 2016) сообщали, что в условиях Северо-Западного региона РФ на зерне овса было отмечено 12 видов из рода *Fusarium*. Нами были идентифицировано 10 видов, 4 из которых совпали с указанными у данных авторов: *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* var. *minus*, *F. tricinctum*; другие отмечены только нами – *F. culmorum*, *F. heterosporum*, *F. nivale* var. *nivale*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*. Наиболее опасные среди них: *F. culmorum*, вырабатывающий микотоксины ДОН (дезоксиниваленол) и ЗЕН (зеараленон), и *F. sporotrichioides*, вырабатывающий Т2-токсин. *F. culmorum* мы определяли на сортах 'Bai Yan 1' (к-15649, Китай); 'Bötö' ('Veggerlose'; к-15367, Дания) и селекционной линии UFRGS 106150-3 (к-15493, Бразилия); *F. sporotrichioides* – на сортах 'Tatran' (к-15372, Словакия), 'Bai Yan 5' (к-15648, Китай), 'Din Yan 4' (к-15520, Китай), 'Элегант' (к-15463, Беларусь), 'Мирт' (к-15500, Беларусь), 'Улов' (к-14231, РФ, Московская обл.) и селекционной линии GN 08207 (к-15357, Норвегия). У короткостебельного сорта 'Numbat' (к-14851, Австралия) оба вида были идентифицированы на растениях.

Эти же авторы (Gavrilova et al., 2016) сообщали, что из видов *Alternaria* в условиях Северо-Западного региона на зерне овса преобладали виды *A. tenuissima* и *A. arborescens*. Тем не менее в наших условиях преобладали виды *A. tenuissima* и *A. infectoria*, а вид *A. arborescens* встречался редко.

Следует отметить, что наши данные о том, что овес не сильно поражается грибом *Bipolaris sorokiniana*, совпадают с данными исследователей из Мордовии (Kiseleva et al., 2016), которые изучали патоккомплекс грибов из родов *Bipolaris* и *Fusarium* на яровой пшенице, ячмене и овсе.

Из рода *Cladosporium* на овсе было идентифицировано два вида – *Cl. cladosporioides* и *Cl. herbarum*. Причем на овсе виды из этого рода часто ассоциировались с почернениями метелки и выделялись с такой же частотой, как и грибы из рода *Alternaria*. Необходимо подчеркнуть, что большинство исследователей не уделяют достаточного внимания грибам из рода *Cladosporium* в патоккомплексе микромицетов на зерновых культурах, хотя некоторые из них (Alekhin et al., 2004) отмечают способность этих полупаразитных грибов свываживать сапротрофными свойствами вызывать чернь колоса.

Заключение

Установлено, что в условиях Ступинского района Московской области на растениях овса преобладает патоккомплекс микромицетов из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*.

Грибы из рода *Fusarium* были представлены 10 видами (*F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. heterosporum*, *F. nivale* var. *nivale*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* var. *minus*, *F. tricinctum*). Из этих видов наиболее часто встречались *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. heterosporum* и *F. proliferatum*. Виды *F. culmorum*, *F. proliferatum* и *F. poae*, *F. solani* и *F. oxysporum* были отмечены на зерне овса перед посевом. У 27% изученных образцов выявлено присутствие видов *F. sporotrichioides* и *F. culmorum*, которые продуцируют опасные для здоровья человека и животных микотоксины: ДОН (дезоксиниваленол), ЗЕН (зеараленон) и Т2-токсин. Наименьшее количество фузариевых грибов за два года было найдено на голозерном местном сорте (к-15290, Великобритания), а также на пленчатых сортах овса 'Буланый' (к-15277, РФ, Московская обл.) и 'Закат' (к-15384, Украина) – *F. avenaceum*.

Грибы из рода *Alternaria*, встречающиеся на овсе, были представлены в основном двумя видами: *A. infectoria* и *A. tenuissima*, с преобладанием *A. tenuissima*. Эти патогены встречались на всех образцах без исключения.

Грибы из рода *Cladosporium* были представлены двумя видами: *Cl. cladosporioides* и *Cl. herbarum*. Эти виды на овсе ассоциировались с чернью колоса (оливковой плесенью).

Почвенные микромицеты – возбудители корневых и прикорневых гнилей, такие как *Rhizoctonia solani*, *Cylindrocarpum destructans* (Zins.) Scholten и *Typhula* spp., встречались относительно редко.

References/Литература

- Alekhin V.T., Navolotsky V.D., Sokolova E.A. Fungal diseases of malting barley in the Central Non-Chernozem Zone of the Russian Federation: Distribution, harmfulness, and protection systems (Gribnye bolezni pivovarenogo yachmenya v TsChR RF: rasprostranennost, vredonost i sistemy zashchity) Moscow: MSKha; 2004. [in Russian] (Алехин В.Т., Наволоцкий В.Д., Соколова Е.А. Грибные болезни пивоваренного ячменя в ЦЧР РФ: Распространенность, вредоносность и системы защиты. Москва: МСХА; 2004).
- Batalova G.A., Lisitsin E.M., Rusakova I.I. Biology and genetics of oats (Biologiya i genetika ovsa). Kirov; 2008. [in Russian] (Баталова Г.А. Лисицын Е.М., Русакова И.И. Биология и генетика овса. Киров; 2008).
- Bensch K., Braun U., Groenewald J.Z., Crous P.W. The genus *Cladosporium*. *Stud Mycol.* 2012;72(1):1–401. DOI: 10.3114/sim0003
- FAOSTAT: Food and Agriculture Data from 245 Countries and Territories. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [accessed Oct 18, 2018].
- Gakaeva T.U., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozilov K.V. Fusarium head blight of cereal crops (Fuzarioz zernovykh kultur). *Zashchita i karantin rasteniy = Plant Protection and Quarantine*. 2011;(5) Suppl:69–120. [in Russian] (Гагаева Т.Ю. Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур. *Защита и карантин растений*. 2011;(5) Приложение:69–120).
- Gavrilova O.P., Gannibal Ph.B., Gakaeva T.Yu. *Fusarium* and *Alternaria* fungi in grain of oats grown in the North-Western Russia regarding cultivar specificity. *Agricultural Biology*. 2016;51(1):111–118. [in Russian] (Гаврилова О.П., Ганнибал Ф.Б., Гагаева Т.Ю. Зараженность зерна овса грибами *Fusarium* и *Alternaria* и ее сортовая специфика в условиях Северо-запада России. *Сельскохозяйственная биология*. 2016;51(1):111–118). DOI: 10.15389/agrobiol.2016.1.111rus
- Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. 1982;209:1–406

- Grigoriev M.F. Root rot of cereal crops and regularities of their manifestation on the example of the Central Non-Chernozem Region of Russia (Kornevye gnili zernovykh kultur i zakonornosti ikh proyavleniya na primere Tsentralnogo Nechernozemya Rossii). Moscow: ARHIBAN; 2016. [in Russian] (Григорьев М.Ф. Корневые гнили зерновых культур и закономерности их проявления на примере Центрального Нечерноземья России. Москва: ФГБНУ ВСТИСП, 2016).
- Kazakova O.A., Toropova E.Yu., Vorobyova I.G. Environmental determinants of perennial and seasonal dynamics of pathogenic micromycetes barley seeds in forest-steppe of Western Siberia and eastern Trans-Ural region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2013;(12):18-21. [in Russian] (Казакова О.А., Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г. Экологические факторы, определяющие многолетнюю и сезонную динамику популяций патогенных микромицетов семян ячменя в лесостепи Западной Сибири и Восточного Зауралья. *Достижения науки и техники АПК*. 2013;(12):18-21).
- Kiseleva M.I., Zhemchuzhina N.S., Dubovoi V.P., Lapina V.V. Identification of root rot pathogens isolated on spring grain crops in Republic of Mordovia. *Agricultural Biology*. 2016;51(1):119-127. [in Russian] (Киселева М.И., Жемчужина Н.С., Дубовой В.П., Лапина В.В. Видовой состав возбудителей корневой гнили на яровых зерновых в Республике Мордовия. *Сельскохозяйственная биология*. 2016;51(1):119-127). DOI: 10.15389/agrobiology.2016.1.119rus
- Litvinov M.A. Methods of studying soil microscopic fungi. Leningrad: Nauka; 1969. [in Russian] (Литвинов М.А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Ленинград: Наука; 1969).
- Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oat (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa). St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Санкт-Петербург: ВИР; 2012).
- Pidoplichko N.M. Fungi, parasites of cultivated plants. Identification guide. Vol. 2. Imperfect fungi (Griby – parazity kulturnykh rasteniy. Opredelitel. T. 2. Griby nesovershenneye). Kiev: Naukova dumka; 1977. [in Russian] (Пидопличко Н.М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель. Т. 2. Грибы несовершенные. Киев: Наукова думка; 1977).
- Simmons E.G. *Alternaria: an identification manual*. In: *CBS Biodiversity Series. Vol. 6*. Utrecht: CBS; 2007.

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Варгач Ю.И., Головин С.Е., Лоскутов И.Г. Изучение микромицетов на овсе посевном (*Avena sativa* L.) в условиях Ступинского района Московской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):96-105. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-96-105

Vargach J.I., Golovin S.E., Loskutov I.G. Research on micromycetes in oats (*Avena sativa* L.) under the conditions of Stupino District, Moscow Province. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):96-105. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-96-105

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-96-105>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ОВСА ИЗ ДАГЕСТАНА И СТРАН КАВКАЗА К ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛЕ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-106-109

УДК 633.13:632.732:581.573.4

Поступление/Received: 22.05.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

Е. Е. РАДЧЕНКО, М. А. ЧУМАКОВ, И. Г. ЛОСКУТОВ

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ eugene_radchenko@rambler.ru

GREENBUG RESISTANCE IN OAT ACCESSIONS FROM DAGESTAN AND CAUCASIAN COUNTRIES

E. E. RADCHENKO, M. A. CHUMAKOV, I. G. LOSKUTOV

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg
190000, Russia;
✉ eugene_radchenko@rambler.ru

Актуальность. Селекция устойчивых сортов – эффективный способ борьбы с обыкновенной злаковой тлей *Schizaphis graminum* Rondani – экономически важным вредителем овса и других зерновых культур на юге России. Дифференциальное взаимодействие насекомого с растением-хозяином обуславливает необходимость постоянного поиска новых доноров устойчивости. Материалы и методы. По устойчивости к тле оценили 191 образец (преимущественно местные формы) из стран Кавказа (Армения, Азербайджан, Грузия), а также с Северного Кавказа РФ (Дагестан). В опытах использовали краснодарскую (Гулькевичский район) популяцию насекомого. В фазу двух листьев интактные растения единообразно заселяли тлями разных возрастов путем стряхивания насекомых. При гибели неустойчивого контроля (сорт 'Borrus') определяли степень поврежденности растений по шкале от 0 (нет повреждений) до 10 (повреждено 91–100% листовой поверхности, гибель растений). Растения с баллами 1–4 относили к устойчивым, 5–8 – к умеренно устойчивым, 9–10 – к восприимчивым. **Результаты и выводы.** Выделили образец местного овса из Грузии к-4308, характеризующийся высокой устойчивостью к насекомому. Выявили также 38 гетерогенных по изученному признаку форм овса, большая часть которых дифференцированы на 2 фенотипических класса, а для 16 образцов характерен широкий спектр варьирования поврежденности растений. Удельная встречаемость устойчивых форм наиболее высока среди образцов местного овса из Азербайджана: два из пяти изученных образцов (40%) несут гены устойчивости с отчетливым фенотипическим проявлением, затем следуют образцы из Грузии (25%), Армении (17,3%) и Дагестана (13,8%). После отбора по устойчивости выделенные формы могут быть использованы в селекции на иммунитет.

Ключевые слова: *Schizaphis graminum* Rondani, краснодарская популяция, селекция растений.

Background. The breeding of resistant varieties is an effective way to control greenbug *Schizaphis graminum* Rondani, an economically important pest of oat and other cereals in southern Russia. The insect-host differential interaction necessitates a constant search for new resistance donors. **Materials and methods.** One hundred and ninety one accessions (mostly landraces) from the Caucasian countries (Armenia, Azerbaijan and Georgia) as well as from the North Caucasus of the Russian Federation (Dagestan) were assessed for greenbug resistance. The Krasnodar (Gulkevichi District) insect population was used in the experiments. The intact plants were uniformly infested with different aged aphids in the phase of two leaves by shaking insects onto them. When the susceptible control (cv. Borrus) died, the plant damage score was determined using the scale from 0 (no damage) to 10 (91–100% of the leaf surface damaged, plant's death). The plants with the score of 1–4 points were classified as resistant, 5–8 moderately resistant, and 9–10 susceptible. **Results and conclusions.** A local oat accession from Georgia (k-4308) was noted for its high insect resistance. Also, heterogeneity of the studied trait was demonstrated by 38 oats forms, most of which were differentiated into two phenotypic classes, and a wide range of plant damage variation was characteristic of 16 accessions. The specific occurrence of resistant forms was the highest among oat landraces from Azerbaijan: two out of five studied accessions (40%) carry resistance genes with a distinct phenotypic manifestation. They are followed by accessions from Georgia (25%), Armenia (17.3%) and Dagestan (13.8%). After selection for resistance, the identified forms can be used in plant breeding.

Key words: *Schizaphis graminum* Rondani, Krasnodar population, plant breeding.

Введение

Обыкновенная злаковая тля *Schizaphis graminum* Rondani – экономически важный вредитель овса и других зерновых культур на юге России. Одной из основных причин, лимитирующих вредоносность фитофага на злаках, является устойчивость растений. Селекция устойчивых сортов – радикальный, наиболее дешевый и экологически безопасный способ борьбы с насекомым. Характерное для *S. graminum* дифференциальное взаимодействие с растениями-хозяевами обуславливает необходимость расширения генетического разнообразия возделываемых сортов.

Литературные сведения об устойчивости овса к *S. graminum* весьма скудны. J. H. Gardenhire (1964) нашел, что устойчивость образца овса Russian 77 (CI 2898) к биотипу А обыкновенной злаковой тли контролируется доминантным геном, впоследствии обозначенным символом *Tg1*. Затем R. L. Wilson с соавторами (1978) выявили 4 устойчивых к *S. graminum* образца: PI 186270 (Аргентина), CI 1579 (Южная Африка), CI 1580 (Шотландия) и CI 4888 (Италия). Изучение наследования устойчивости трех образцов к двум биотипам вредителя показало, что линии PI 186270 и CI 1580 имеют по одному доминантному гену (*Grb1* и *Grb2* соответственно), которые обуславливают устойчивость к биотипу С; линия CI 4888 защищена доминантным геном

устойчивости *Grb3* к биотипу тли В. Показано также возможное присутствие малых генов устойчивости к обоим биотипам у всех трех образцов (Boozaya-Angoon et al., 1981). Ген устойчивости *Grb2* эффективен также к биотипам Е (Starks et al., 1983), I (Harvey et al., 1991) и лишь отчасти F – H (Kindler, Spomer, 1986; Puterka et al., 1988). Очевидно, что имеющийся запас генов устойчивости недостаточен для обеспечения современных селекционных программ.

Высокой устойчивостью к вредителю зачастую обладают местные образцы культивируемых злаков. Мы изучили устойчивость к краснодарской и дагестанской популяциям *S. graminum* у 371 образца овса из восьми азиатских стран и Дальнего Востока РФ и выделили 95 гетерогенных форм. Высокий уровень устойчивости выявлен у 47 образцов, умеренная устойчивость – у 48 изученных генотипов. По частоте устойчивых форм выделяются овсы из Монголии (46 из 76 изученных или 60,6%); далее следуют образцы из Китая (33,9%), Индии (19,0%) и Японии (16,7%). Из семи выделенных форм овса отобрали устойчивые линии и показали, что образцы к-2490, к-2539, к-4074, к-12213, к-12214 (Монголия), к-6688 (Индия) и к-13624 (Северная Корея) защищены разными аллелями генов устойчивости, которые отличаются от идентифицированного ранее гена *Grb3*. Образец к-13624 защищен наиболее эффективным геном (генами) устойчивости к популяциям насекомого, обитающим на Северном Кавказе; к остальным шести линиям были выделены вирулентные клоны тли (Radchenko et al., 2018).

Дифференциальное взаимодействие *S. graminum* с растением-хозяином обуславливает необходимость продолжения поиска образцов овса с новыми генами устойчивости. Цель настоящей работы – оценить наследственное разнообразие овса из стран Кавказа и Республики Дагестан по устойчивости к обыкновенной злаковой тле.

Материалы и методы

По устойчивости к *S. graminum* оценили 191 образец (преимущественно местные формы) из стран Кавказа (81 – из Армении, 76 – Грузии, 5 – Азербайджана), а также 29 образцов из Дагестана, любезно предоставленных отделом генетических ресурсов овса, ржи и ячменя Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Эксперименты проводили в световом зале, где поддерживалась температура воздуха 20–25°C. В опытах использовали краснодарскую (Кубанская опытная станция – филиал ВИР, Гулькевичский район) популяцию тли.

Обыкновенная злаковая тля вызывает некротизацию растительной ткани в месте питания, что позволяет относительно просто тестировать устойчивость растений. Образцы высевали рядами (15–20 семян на рядок) в кюветы с почвенной смесью. В каждую кювету помещали по два ряда неустойчивого контроля (сорт 'Вогрус'). В фазу двух листьев растения единообразно заселяли тлями разных возрастов путем стряхивания насекомых. При гибели контроля определяли степень поврежденности растений по шкале: 0 – нет повреждений, 1 – повреждено 1–10% листовой поверхности, 2 – 11–20%, ..., 10 – 91–100%, гибель растений. Растения с баллами 1–4 относили к устойчивым, 9–10 – к восприимчивым (Radchenko, 2008). Часть выделенных по устойчивости образцов оценили повторно.

Результаты

Выделили образец местного овса из Грузии к-4308, поврежденность растений которого составляла 3–4 балла; 38 форм были гетерогенны по изученному признаку (таблица). Большая часть образцов четко дифференцированы на два фенотипических класса, для 16 образцов характерен широкий спектр варьирования поврежденности растений от 2 до 10 баллов.

Таблица. Образцы овса, выделившиеся по устойчивости к обыкновенной злаковой тле *Schizaphis graminum* Rondani

Table. Oat accessions demonstrating resistance to the greenbug *Schizaphis graminum* Rondani

Номер по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Оценено растений	Распределение растений по баллам поврежденности, %		
				1–4	5–8	9, 10
2676	Местный	Грузия	12	41,7	–	58,3
2897	Местный	Армения	10	70,0	10,0	20,0
3609	Местный	Азербайджан	11	54,5	–	45,5
4043	Местный	Грузия	12	33,3	–	66,7
4044	Местный	Грузия	14	28,6	–	71,4
4045	Местный	Грузия	12	83,3	–	16,7
4171	Местный	Дагестан	12	83,3	–	16,7
4180	Местный	Армения	11	18,2	–	81,8
4302	Местный	Грузия	11	27,2	–	72,7
4304	Местный	Грузия	10	60,0	–	40,0
4308	Местный	Грузия	10	100	–	–
4309	Местный	Грузия	11	81,8	–	18,2
4321	Местный	Грузия	10	70,0	–	30,0
4322	Местный	Грузия	11	72,7	–	27,3
4325	Местный	Грузия	12	83,3	–	16,7

Таблица (окончание)
Table (continued)

Номер по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Оценено растений	Распределение растений по баллам поврежденности, %		
				1–4	5–8	9, 10
4327	Местный	Грузия	12	33,3	–	66,6
4328	Местный	Грузия	10	30,0	–	70,0
4329	Местный	Грузия	11	36,4	27,2	36,4
4330	Местный	Грузия	12	8,3	–	91,7
4331	Местный	Грузия	10	20,0	–	80,0
4335	Местный	Армения	11	63,6	–	36,4
4535	Местный	Армения	29	37,9	27,6	34,5
4555	Местный	Армения	33	27,3	21,2	51,5
4558	Местный	Армения	27	11,1	11,1	77,8
4809	Местный	Армения	28	17,8	–	82,1
4819	Местный	Армения	29	27,6	–	72,4
4834	Местный	Армения	23	30,4	17,4	52,2
4835	Местный	Армения	23	39,2	30,4	30,4
4837	Местный	Армения	23	34,8	34,8	30,4
4846	Местный	Армения	10	20,0	–	80,0
4859	Местный	Азербайджан	12	16,7	–	83,3
4909	Местный	Армения	23	34,8	21,7	43,5
4951	Местный	Армения	21	14,3	19,0	66,7
6603	Кубанский местный	Грузия	21	52,4	33,3	14,3
6604	Местный	Грузия	18	16,7	33,3	50,0
6611	Местный	Грузия	25	24,0	24,0	52,0
7006	Местный	Дагестан	30	33,3	56,7	10,0
7009	Местный	Дагестан	30	23,3	10,0	66,7
7016	Местный	Дагестан	26	3,8	3,8	92,4
11840	Borrus (контроль)	Германия	97	–	–	100

Кроме того, выявили ряд форм со слабым фенотипическим проявлением устойчивости (5–8 баллов). Значительная изменчивость признака может обуславливаться проявлением генов с низкой экспрессивностью и/или (что более вероятно) присутствием в популяции фитофага клонов с различной вирулентностью к изученным формам. После проведения индивидуального отбора по устойчивости выделенные образцы могут быть использованы в селекции на иммунитет.

Наибольшее число генотипов (19 или 9,9% от числа изученных), у которых поврежденность устойчивых компонентов не превышала четырех баллов, выделено среди образцов, поступивших в коллекцию ВИР из Грузии. Удельная встречаемость устойчивых форм наиболее высока среди местных образцов овса из Азербайджана: два из пяти изученных образцов (40%) несут гены устойчивости с отчетливым фенотипическим проявлением, затем следуют образцы из Грузии (25%), Армении (17,3%) и Дагестана (13,8%).

Выводы

В результате экспериментов установлено, что устойчивые кобыкновенной злаковой тле образцы встречаются с высокой частотой (20,4%) среди местных форм овса из Дагестана и стран Кавказа (Армения, Азербайджан, Грузия). Наиболее высокий уровень устойчивости выявлен у образца к-4308 из Грузии.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

References/Литература

- Boozaya-Angoon D., Starks K.J., Edwards L.H., Pass H. Inheritance of resistance in oats to two biotypes of the greenbug. *Environm. Entomol.* 1981;10(4):557-559. DOI: 10.1093/ee/10.4.557
- Gardenhire J.H. Inheritance of greenbug resistance in oats. *Crop Sci.* 1964;4(4):443. DOI: 10.2135/cropsci1964.0011183X000400040041x
- Harvey T.L., Kofoed K.D., Martin T.J., Sloderbeck P.E. A new greenbug virulent to E-biotype resistant sorghum. *Crop Sci.* 1991;31(6):1689-1691. DOI: 10.2135/cropsci1991.0011183X003100060062x
- Kindler S.D., Spomer S.M. Biotypic status of six greenbug (Homoptera: Aphididae) isolates. *Environm. Entomol.* 1986;15(3):567-572. DOI: 10.1093/ee/15.3.567
- Puterka G.J., Peters D.C., Kerns D.L., Slosser J.E., Bush L., Worrall D.W., McNew R.W. Designation of two new greenbug (Homoptera: Aphididae) biotypes G and H. *J. Econ. Entomol.* 1988;81(6):1754-1759. DOI: 10.1093/jee/81.6.1754
- Radchenko E.E. Cereal aphids (Zlakovye tli). In: *The study of the genetic resources of cereal crops for resistance to harmful organisms. Guidelines (Izucheniye geneticheskikh resursov zernovykh kultur po ustoychivosti k vrednym organizmam. Metodicheskoye posobiye)*. Moscow: Rosselkhozakademii; 2008. p.214-257 [in Russian] (Радченко Е.Е. Злаковые тли. В кн.: *Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие*. Москва: Россельхозакадемия; 2008. С.214-257).
- Radchenko E.E., Kuznetsova T.L., Chumakov M.A., Loskutov I.G. Greenbug (*Schizaphis graminum*) resistance in oat (*Avena* spp.) landraces from Asia. *Genetic Res. Crop Evol.* 2018;65(2):571-576. DOI: 10.1007/s10722-017-0554-9
- Starks K.J., Burton R.L., Merkle O.G. Greenbugs (Homoptera: Aphididae) plant resistance in small grains and sorghum to biotype E. *J. Econ. Entomol.* 1983;76(4):877-880. DOI: 10.1093/jee/76.4.877
- Wilson R.L., Starks K.J., Pass H., Wood E.A. Jr. Resistance in four oat lines to two biotypes of the greenbug. *J. Econ. Entomol.* 1978;71(6):886-887. DOI: 10.1093/jee/71.6.886

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Радченко Е.Е., Чумаков М.А., Лоскутов И.Г. Устойчивость образцов овса из Дагестана и стран Кавказа к обыкновенной злаковой тле. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(3):106-109. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-106-109

Radchenko E.E., Chumakov M.A., Loskutov I.G. Greenbug resistance in oat accessions from Dagestan and Caucasian countries. Proceedings of applied botany, genetics and breeding. 2019;180(3):106-109. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-106-109

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-106-109>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

РЕПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-3-110-115

УДК 631.547

Поступление/Received: 14.02.2019

Принято/Accepted: 18.09.2019

С. Н. ТРАВИНА, Т. Э. ЖИГАДЛО

Полярная опытная станция – филиал ВИР,
Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
184200 Россия, Мурманская обл., г. Апатиты,
ул. Козлова, 2;
✉ swetusic@mail.ru

S. N. TRAVINA, T. E. ZHIGADLO

Polar Experiment Station,
branch of the N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR),
2 Kozlova St., Apatity 84209, Russia;
✉ swetusic@mail.ru

Актуальность. Знание репродукционного потенциала растений имеет большое значение для возделывания картофеля в условиях Заполярья. **Материалы и методы:** С 2008 по 2017 г. были изучены 1594 сорта картофеля различных сроков созревания, поступивших на Полярную опытную станцию – филиал ВИР. Оценку осуществляли по срокам прохождения фенологических фаз (всходы, бутонизация, цветение) и возможности формирования репродуктивных органов. **Результаты.** Сорта разных групп спелости при одинаковой агротехнике начинают прорастать примерно в одно и то же время: от 0,2 дня (2010 г.) до 3,3 дня (2015 г.). Дальнейшее прохождения фенологических фаз в условиях Заполярья зависит от среднесуточных температур воздуха и осадков. Появление массовых всходов наблюдали на $18,5 \pm 2,9$; фазу бутонизации – на $31,9 \pm 4,7 - 43,0 \pm 6,9$ день от посадки; начало цветения приходится на $46,8 \pm 4,9 - 57,5 \pm 7,5$ день от посадки. Продолжительность массового цветения охватывает период с конца июля до середины третьей декады августа. Для перехода растением картофеля с фазы бутонизации до фазы цветения/массового цветения необходима сумма эффективных температур за июль от 300°C . В процессе вегетации за все годы исследования 97% сортов по отношению к общему числу образцов коллекции были способны завязывать бутоны; 85,7% вступили в стадию цветения; 63,3% перешли в стадию массового цветения; 22,2% смогли завязать плоды (ягоды) от самоопыления. Самые благоприятные условия для завязывания ягод растениями картофеля от самоопыления складываются при сумме активных температур воздуха от 1170 до 1300°C (июнь – август) в сочетании с недостаточным обеспечением осадками. В естественных условиях Севера дефицит влагообеспеченности стимулирует растения быстрее и интенсивнее вступать в стадию цветения и завязывания плодов. **Заключение.** Проведенное исследование позволило выявить оптимальные условия для завязывания плодов растением картофеля на Севере, а также пополнить данные по репродукционному потенциалу образцов картофеля из полевой коллекции сортов, возделываемых в условиях экстремального земледелия.

Ключевые слова: фенология, цветение, самоопыление, агрометеорологические условия

REPRODUCTIVE POTENTIAL OF POTATO ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION IN MURMANSK PROVINCE

Background. Knowledge of the reproductive potential in plants is of vital importance for potato cultivation in the Arctic environments. **Materials and methods.** From 2008 through 2017, 1594 potato cultivars with diverse maturation schedules from VIR's collection were studied at the Polar Experiment Station of VIR. The material was evaluated according to the timing of their phenological phases (germination, budding, and flowering) and the possibility of their reproductive organs' development. **Results:** With the same agricultural practice applied, cultivars of different maturation groups began to germinate and produce shoots at about the same time within the growing season, with a slight difference from 0.2 days (2010) to 3.3 days (2015). Further passing of phenological phases under the conditions of the Arctic depended on the mean daily air temperature and precipitation. The duration of the period from germination to flowering was largely affected by the temperature regime. The emergence of mass shoots was observed on average 18.5 ± 2.9 days after planting. The budding phase started 31.9 ± 4.7 to 43.0 ± 6.9 days after planting. The beginning of flowering occurred at the beginning of the third decade of July or 46.8 ± 4.9 to 57.5 ± 7.5 days after planting. The duration of the mass flowering of potato plants on average covered the time frame from the end of July to the middle of the third ten-day period of August. To move a potato plant from the budding phase to the flowering/mass flowering phase, a sum of effective July temperatures of 300°C is required. During the growing season, for all the years of the study, 97% of the varieties, as related to the total number of accessions, were able to set up buds; 85.7% entered the flowering stage; 63.3% moved to the stage of mass flowering; and 22.2% were able to set berries from self-pollination. According to the data of the long-term analysis of perennial agrometeorological data, the most favorable conditions for setting berries after potato self-pollination recurred every five years in the north. These conditions were formed under the sum of active air temperatures from 1170 to 1300°C (for June, July, and August), combined with insufficient provision of precipitation. Under the natural conditions in the north, the lack of moisture stimulates plants to enter the stages of flowering and fruit setting quicker and more intensively. **Conclusion:** The study made it possible to identify the optimal conditions for the fruit to be set by a potato plant in the north and also to acquire more data on the reproduction characteristics of potato cultivars.

Key words. potato, phenology, flowering, self-pollination, agrometeorological conditions.

Введение

Полярная опытная станция – филиал ВИР (Мурманская обл., г. Апатиты) располагает мировой дублетной коллекцией картофеля ВИР (УНУ, регистрационный USU_505851), которая насчитывает более 3000 образцов. Она включает в себя 2404 селекционных сорта, 275 образцов южноамериканских культурных и диких видов картофеля, 521 образец межвидовых гибридов.

Ежегодно на станции осуществляется изучение коллекционных образцов картофеля согласно методическим рекомендациям ВИР (Bukasov et al., 1984; Kigu et al., 2010), а также проводится оценка репродукционного потенциала образцов: сроки прохождения фенофаз «единичные/массовые всходы», «бутонизация», «цветение» и «формирование плодов (ягод)».

В статье приводится анализ и обобщение накопленных данных по репродукционному потенциалу образцов картофеля из дублетной коллекции ВИР (УНУ, регистрационный USU_505851) с 2009 по 2018 г.

В задачи исследования входила оценка характера изменчивости элементов репродукционного потенциала сортов картофеля в зависимости от агрометеорологических условий окружающей среды по годам.

Материалы и методы

Экспериментальная работа выполнена на Полярной опытной станции ВИР (Мурманская обл., г. Апатиты). За 10 лет в северных условиях изучены 1594 образца картофеля. Статистическая обработка данных проведена на основе качественной изменчивости признаков (появление единичных/массовых всходов; бутонизации; цветения; завязывания ягод от самоопыления) по Б. А. Доспехову (Dospikhov, 1985). Для статистической обработки данных использовали пакет программ Microsoft Excel 2003, с помощью которого были посчитаны следующие элементы описательной статистики: среднее, стандартное отклонение, среднее квадратичное отклонение, размах выборки. Для корректного анализа полученных данных использовали однофакторный дисперсионный анализ.

Формирование урожая картофеля – сложный процесс, зависящий от взаимодействия многих факторов: агрометеорологических, температур хранения клубней и экологических факторов района. Климатические особенности Севера создают благоприятные условия для возделывания картофеля. Длинный полярный день в летнее время способствует быстрому развитию биомассы растений, что дает возможность физиологически развиваться в сжатые сроки как раннеспелым, так и позднеспелым сортам. Поэтому специально общее число образцов из изучаемой коллекции по годам не разбивали по группам спелости, а учитывали среднее значение по коллекции. Клубневой материал был выровнен по пораженности болезнями хранения (7–9 баллов).

Исследования проводили на освоенных мелиорированных землях; площадь питомника коллекции составила 0,6 га. Почвы подзолистые культурные; pH = 4,9 ± 0,05; содержание органических веществ – 9,93% ± 0,5; P₂O₅ – 61,6 ± 2,0 мг/100 г; нитратного азота – 5,9 ± 1,0 мг/кг; K₂O – 29,8 ± 3,7 мг/100 г.

Характеристика вегетационного сезона по годам представлена на основе данных ФГБУ Мурманское УГМС г. Апатиты и архивов данных ФГБУ Мурманское УГМС (<http://www.pogodaiklimat.ru>).

Самыми теплыми за период изучения были 2013 и 2018 г. с суммами активных температур воздуха (≥ 10°C) за июнь, июль и август 1252,7°C и 1171,8°C соответственно. Теплыми можно считать 2011, 2016 года, где

суммы эффективных температур воздуха находились в пределах от 1046 до 1147°C. Низкие значения среднесуточных температур воздуха были выявлены в 2009, 2010, 2012, 2017 г. Самым холодным для возделывания картофеля был 2015 г. (табл. 1).

При анализе распределения осадков (табл. 2) к годам с очень дождливыми вегетационными сезонами можно отнести 2015–2017 гг. Сумма осадков в эти годы за весь период вегетации составила 336,7–403,9 мм или 1,2–1,5 рассчитанных среднегодовых норм. На неблагоприятные из-за чрезмерного увлажнения почвы условия произрастания для картофеля в этот период указывают и высокие значения ГТК (от 2,6 до 3,9). Превышение на 9–15% среднегодовой нормы выпавших осадков наблюдали в 2009, 2010 и 2012 г. (ГТК от 2,0 до 2,4). Сухими можно считать 2011, 2014 г. Сумма осадков за это время в вегетационном сезоне составила 250,0–254,2 мм или 92–93% от среднегодовой нормы, ГТК = 1,5–1,7. Очень сухими можно считать 2013, 2018 г. с суммой осадков 75–78% от среднегодовой нормы, ГТК = 1,2.

Практической ценностью проведенных исследований стала возможность использования полученных данных для ведения дальнейшей селекционной работы в условиях Мурманской области.

Результаты исследования

Важным показателем для проведения традиционной селекционной работы является способность сортов завязывать ягоды от самоопыления. Это свойство в дальнейшем определяет возможность использования того или иного сорта в гибридизации. Для завязывания ягод растениям картофеля необходимо пройти все предшествующие этому процессу фенологические стадии: единичные/массовые всходы; бутонизация; единичное/массовое цветение.

Климатические особенности Севера создают благоприятные условия для длительного возделывания картофеля. Длинный полярный день в летнее время способствует быстрому развитию биомассы растений. Единичные всходы по коллекции появляются в среднем к 16–17 июня, количество дней от посадки до начала появления единичных всходов составляет от 11,5 ± 2,4 до 20,0 ± 0,5 (табл. 3).

Установлено, что сорта разных групп спелости при одинаковой агротехнике начинают прорастать, давая единичные/массовые всходы примерно в одно и то же время внутри рассматриваемого сезона вегетации с незначительной разницей от 0,2 дня (в 2010 году) до 3,3 дня (в 2015 году), на что указывают полученные данные среднего квадратичного отклонения (см. табл. 3).

Стадия полных массовых всходов формируется к 19–20 июня, период от посадки до массовых всходов составляет 14,9 ± 1,7 – 23,3 ± 3,5 дня. Самые ранние сроки прохождения данной фенофазы были отмечены в 2012 и 2014 г. (14,9 ± 1,7 и 15,2 ± 3,8 дня от посадки соответственно). Самые поздние массовые всходы наблюдали в 2009 году (на 23,3 ± 3,5 день от посадки).

Завязывание бутонов у растений картофеля на Севере приходится в среднем на 8–9 июля и составляет 31,9 ± 4,7 – 43,0 ± 6,9 дня от посадки. Начало цветения совпадает, как правило, с началом завязывания клубней столонами и приходится на середину третьей декады июля, составляя в среднем 46,8 ± 4,9 – 57,5 ± 7,5 дней от посадки. Продолжительность массового цветения у растений картофеля по коллекции охватывает период с конца июля до середины третьей декады августа, начинаясь в среднем с 26 июля ± 8,3 дня (см. табл. 3). Самое раннее массовое цветение по коллекции наблюдали в 2011, 2018 г., самое позднее – в 2015 г.

Таблица 1. Сумма активных температур воздуха ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) по годам**Table 1.** The sum of active air temperatures ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) by years

Год	Сумма активных температур, $^{\circ}\text{C}$					ГТК *
	июнь	июль	август	сумма	Кол-во дней	
2009	212,4	343,5	310,4	866,3	62	2,4
2010	148,3	488,6	231,0	867,9	57	2,0
2011	319,1	474,8	252,1	1046,0	73	1,7
2012	248,7	385,7	220,7	855,1	66	2,2
2013	369,2	465,5	418,0	1252,7	83	1,2
2014	179,5	493,1	356,8	1029,4	67	1,5
2015	162,1	225,2	223,5	610,8	57	3,9
2016	253,5	540,3	353,2	1147,0	74	2,6
2017	131,0	481,8	300,1	912,9	64	3,1
2018	200,9	586,4	384,5	1171,8	73	1,2

* ГТК – гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову.

Таблица 2. Количество выпавших осадков по годам, мм**Table 2.** Precipitation by years, mm

год	май	июнь	июль	август	сентябрь	Сумма осадков	% к норме
2009	35,8	39,2	90,5	79,9	67,5	312,9	115,0
2010	59,4	46,1	46,1	78,7	68,5	298,8	109,8
2011	50,9	31,9	84,9	63,6	22,9	254,2	93,4
2012	45,7	80,8	64,1	43,2	71,3	305,1	112,1
2013	38,4	56,4	44,1	52,5	20,3	211,7	77,8
2014	31,4	39,3	53,2	65,5	61,1	250,5	92,0
2015	42,3	109,2	81,8	49,7	53,7	336,7	123,7
2016	25,2	59,3	99,9	136,2	83,3	403,9	148,4
2017	24,7	74,6	85,0	121,6	44,4	350,3	128,8
2018	37,8	64,5	18,9	51,4	32,1	204,7	75,2
Среднегодовная норма	37,0	51,0	64,0	64,0	56,0	272,0	100,0

Таблица 3. Средние показатели по прохождению картофеля фенологических фаз в условиях Мурманской области**Table 3.** Mean values for the passing of phenological phases by potato accessions in the environments of Murmansk Province

Год	Дата посадки	Число дней от посадки до:					
		появления единичных всходов	появления массовых всходов	бутонизации	единичного цветения	массового цветения	ягодообразования
2009, n=178*	28 мая	20,0 $\pm$ 0,5***	23,3 $\pm$ 3,5	43,0 $\pm$ 6,9	57,5 $\pm$ 7,7	60,4 $\pm$ 5,5	70,8 $\pm$ 10,6
2010, n=104	31 мая	15,0 $\pm$ 0,2	20,2 $\pm$ 2,3	37,9 $\pm$ 4,3	49,8 $\pm$ 6,4	53,5 $\pm$ 4,5	71,5 $\pm$ 10,7
2011, n=171	31 мая	15,1 $\pm$ 0,5	15,6 $\pm$ 1,9	33,6 $\pm$ 5,9	46,8 $\pm$ 4,9	50,0 $\pm$ 4,1	60,0 $\pm$ 10,5
2012, n=162	04 июня	12,3 $\pm$ 2,5	14,9 $\pm$ 1,7	37,9 $\pm$ 6,1	50,7 $\pm$ 7,4	54,2 $\pm$ 5,9	66,4 $\pm$ 8,5
2013, n=224	30 мая	11,5 $\pm$ 2,4	16,6 $\pm$ 4,0	31,9 $\pm$ 4,7	47,1 $\pm$ 7,4	51,9 $\pm$ 7,4	65,9 $\pm$ 5,9
2014, n=209	03 июня	12,6 $\pm$ 2,0	15,2 $\pm$ 3,8	37,3 $\pm$ 5,7	49,0 $\pm$ 5,9	51,9 $\pm$ 5,4	59,7 $\pm$ 5,0
2015, n=186	03 июня	16,8 $\pm$ 3,3	21,5 $\pm$ 4,0	41,5 $\pm$ 8,4	57,5 $\pm$ 7,5	64,5 $\pm$ 7,1	67,5 $\pm$ 10,8
2016, n=160	27 мая	13,8 $\pm$ 3,0	18,0 $\pm$ 2,9	35,9 $\pm$ 5,4	49,6 $\pm$ 5,4	53,8 $\pm$ 6,4	58,6 $\pm$ 3,7
2017, n=124	07 июня	13,9 $\pm$ 3,2	20,8 $\pm$ 3,9	39,2 $\pm$ 7,7	49,4 $\pm$ 6,0	54,3 $\pm$ 5,8	57,1 $\pm$ 4,3
2018, n=76	05 июня	14,7 $\pm$ 2,3	18,9 $\pm$ 2,9	35,7 $\pm$ 6,5	47,6 $\pm$ 6,2	48,1 $\pm$ 5,9	55,7 $\pm$ 3,1
Средняя по годам	01 июня $\pm$ 3,5	14,6 $\pm$ 2,4	18,5 $\pm$ 2,9	37,4 $\pm$ 3,3	50,5 $\pm$ 3,9	54,2 $\pm$ 4,8	63,3 $\pm$ 5,8
Минимум	27 мая	11,5	14,9	31,9	46,8	48,1	55,7
Максимум	07 июня	20,0	23,3	43,0	57,5	64,5	71,5

*n – количество изученных образцов в коллекции; ** – среднее по коллекции; *** – среднее квадратичное отклонение.

При сравнении параметров продолжительности прохождения фенологических фаз растениями картофеля (от посадки до цветения) нами были получены достоверные различия практически по всем годам исследования (табл. 4). Вероятно, в данном случае влияние оказали метеословия, из которых статистически значимое влияние на урожайность картофеля (в рамках оценки линейной тенденции) имел только один фактор – температура воздуха ($r = 0,345$; P-level уровень статистической значимости коэффициентов Бравэ-Пирсона = 0,049) (Kostyuk et al., 2013). Прохождение фаз растениями картофеля по годам от всходов до цветения отличается в среднем на 3–8 дней (см. табл. 3). Исключение составили фазы бутонизации; цветения/массового цветения 2016/2017; 2017/2018 гг. а также ягодообразования практически за весь анализируемый период (см. табл. 4). Вероятно, условия внешней среды во второй половине вегетационного сезона для растений картофеля были идентичны. Данные математические выкладки подтверждают сделанные нами выводы об отличительных особенностях 2013 и 2018 г.

При анализе репродукционного потенциала образцов картофеля было выявлено, что не все культурные сорта каждый год образуют бутоны или же доходят до стадии массового цветения. Часть сортов сбрасывает бутоны на самой ранней стадии развития, другая часть сбрасывает цветы, и лишь незначительная часть способна завязывать ягоды от самоопыления (табл. 5).

В среднем за 10 лет из 1594 сортов образовали бутоны 97,4% образцов; вступили в стадию цветения 85,7%;

массовое цветение было отмечено у 63,3%; завязывание плодов от самоопыления наблюдали лишь у 22,2% сортов коллекции по отношению ко всему количеству генетического материала.

По отношению к массово цветущим сортам процент завязывающих ягоды сортов меняется в большую сторону, составляя в среднем 34,2%. При этом общие тенденции прохождения фенологических фаз в зависимости от метеорологических условий по годам сохраняются.

Лимитирующими факторами в данном случае выступили не только среднесуточные температуры воздуха, но и осадки.

Из всего анализируемого периода самыми благоприятными для развития вегетирующих органов картофеля были 2013 и 2018 г. (см. табл. 1, 2), которые характеризовались не только высокими среднесуточными температурами воздуха, но и очень низким содержанием выпавших осадков. Самый оптимальный ГТК был получен также в эти годы исследования и равнялся 1,2.

Неплохим для завязывания ягод от самоопыления был и 2016 г. В этом году процент образовавшихся ягод сортов по отношению к общему числу сортов и сортов, которые вступили в стадию массового цветения, был значителен ($\geq 40\%$). Однако энергия цветения и способность завязывания ягод была невелика (1–3 шт. в кусте или 1 балл), поскольку опылению мешали чрезмерные осадки, выпавшие в периоды цветения и оплодотворения (третья декада июля и август).

Таблица 4. Результаты статистических критериев различия по годам

Table 4. Results of statistical variance criteria by years

Параметры для сравнения, г.	Единичные всходы	Массовые всходы	Бутонизация	Единичное цветение	Массовое цветение	Ягодообразование
2009/2010	594,7*	130,63	55,29	75,24	90,34	0,81
	3,16*10 ^{-71**}	5,54*10 ⁻²⁵	1,35*10 ⁻¹²	5,05*10 ⁻¹⁶	3,6*10 ⁻¹⁸	нд
2010/2011	6,22	321,45	34,0	37,28	80,72	1,47
	0,01	4,84*10 ⁻⁴⁸	1,53*10 ⁻⁸	3,81*10 ⁻⁹	1,03*10 ⁻¹⁶	нд
2011/2012	193,29	9,29	57,44	73,97	93,10	0,45
	6,28*10 ⁻³⁵	0,002	3,79*10 ⁻¹³	6,84*10 ⁻¹⁶	1,56*10 ⁻¹⁸	нд
2012/2013	12,16	25,88	119,05	68,32	30,79	7,29
	0,0005	5,67*10 ⁻⁷	2,94*10 ⁻²⁴	5,09*10 ⁻¹⁵	8,26*10 ⁻⁸	0,0007
2013/2014	29,47	12,45	118,75	58,00	0,22	3,35
	9,47*10 ⁻⁸	0,0004	1,41*10 ⁻²⁴	2,16*10 ⁻¹³	0,67	0,006
2014/2015	39,18	68,67	99,39	37,31	17,74	2,51
	1,07*10 ⁻⁹	2,21*10 ⁻¹⁵	1,5*10 ⁻²⁰	2,81*10 ⁻⁷	3,46*10 ⁻⁵	нд
2015/2016	10,49	11,10	97,8	4,83	5,78	0,07
	0,001	0,0009	1,5*10 ⁻¹⁷	0,02	0,0003	нд
2016/2017	14,95	12,27	40,11	0,20	1,78	0,23
	0,0001	0,0005	9,08*10 ⁻¹⁰	нд	нд	нд
2017/2018	5,15	10,35	4,88	3,40	21,69	6,89
	0,02	0,001	0,02	нд	8,09*10 ⁻⁶	0,01

* – F (критерий Фишера); ** – P значение; нд – недостоверно.

Таблица 5. Результаты фенологических наблюдений по коллекции картофеля по годам
(Полярная ОС ВИР, Мурманская область)

Table 5. Results of phenological observations of the potato collection by years
(Polar Experiment Station of VIR, Murmansk Province)

год	Количество образцов, шт.	% с бутонами к общему числу	% с единичными цветками к общему числу	% с массовыми цветками к общему числу	% с ягодами к общему числу	% с ягодами к массовому цветению	% нецветущих образцов
2009	178	96,1	88,2	69,1	10,7	15,4	11,8
2010	104	100,0	95,2	76,0	14,4	19,0	4,8
2011	171	97,7	91,2	77,2	21,6	28,0	8,8
2012	162	95,7	75,9	55,6	6,8	12,2	24,1
2013	224	99,1	92,4	71,4	68,8	96,3	7,6
2014	209	100,0	93,8	71,3	7,2	10,1	6,2
2015	186	90,9	45,2	16,7	3,8	22,6	54,8
2016	160	100,0	96,3	75,6	40,0	52,9	3,8
2017	124	95,2	84,7	62,9	4,8	7,7	15,3
2018	76	100,0	94,7	59,2	46,1	77,8	5,3
Среднее	159,4	97,4	85,7	63,3	22,2	34,2	14,2
Сумма	1594,0	974,0	857,0	633,0	222,0	341,9	142,4
Стандартное отклонение	46,1	3,0	15,5	18,2	22,2	31,0	15,5
Минимум	76,0	91,0	45,0	16,0	3,0	7,7	3,8
Максимум	224,0	100,0	96,0	77,0	69,0	96,3	54,8

Заключение

Проведенное исследование позволило пополнить данные о репродукционном потенциале образцов картофеля из полевой коллекции сортов, возделываемых в условиях экстремального земледелия (Мурманская обл., г. Апатиты).

Лучшие условия для завязывания плодов картофеля в Мурманской области формируются при сумме эффективных температур воздуха ($\geq 10^\circ\text{C}$) 1170–1300°C.

Недостаточное обеспечение осадками в период единичного/массового цветения можно рассматривать как катализатор ускорения процесса формирования и развития генеративных органов.

При ГТК = 1,2 будут достигнуты оптимальные значения для завязывания большего количества ягод от самоопыления на Севере.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

References/Литература

- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспихов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Bukasov S., Budin K., Kameraz A., Lehnovich V., Kostina L., Bavyko N., Korneychuk V., Zadina J., Vidner I., Major M., Bareš I., Odegnal V., Baranek N. International COMECON list of descriptors for potato species of the section *Tuberculosis* (Dun.) Buk., genus *Solanum* L. (Mezhdunarodny klassifikator SEV vidov kartofelya sekcii *Tuberculosis* (Dun.) Buk. roda *Solanum* L.). Leningrad: VIR; 1984. [in Russian] (Букасов С., Будин К., Камераз А., Лехнович В., Костина Л., Бавыко Н., Корнейчук В., Задина Ю., Виднер И., Майор М., Бареш И., Одегнал В., Баранек Н. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberculosis* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Ленинград: ВИР; 1984).
- Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteeva N.M., Rogozina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Guidelines for the maintenance and study of the global potato collection (Metodicheskiye ukazaniya po podderzhaniiyu i izucheniiyu mirovoy kollekcii kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотеева Н.М., Рогозина Е.В., Королева Л.В., Фомина В.Е., Палеха С.В., Косарева О.С., Кирилов Д.А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2010).
- Kostyuk V.I., Travina S.N., Vikhman M.I. The effect of solar activity, insolation, air temperature and atmospheric precipitation on crop productivity in the northern environments of the Kola Peninsula (Vliyaniye solnechnoy aktivnosti, insolyatsii, temperatury vozdukh i atmosferynykh osadkov na produktivnost kulturnykh rasteniy v usloviyakh Kolskogo Severa). Apatity: Kola Science Center of the RAS; 2013. [in Russian] (Костюк В.И., Травина С.Н., Вихман М.И. Влияние солнечной активности, инсоляции, температуры воздуха и атмосферных осадков на продуктивность культурных растений в условиях Кольского Севера. Апатиты: Кольский научный центр РАН; 2013).
- Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work
- Дополнительная информация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-110-115>
- Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer
- Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript
- Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

I. Общая информация

В издании «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» публикуются обзорные, аналитические и дискуссионные статьи по всем разделам работы с генетическими ресурсами культурных растений и их диких родичей; результаты оригинальных экспериментальных исследований по генетике, селекции, физиологии, биохимии, иммунитету и др.; работы по систематике, филогении и географии; краткие сообщения. Принимаются также рецензии и материалы научной хроники.

Журнал выходит четыре раза в год. Языки публикации: русский, английский.

Рукописи статьи подаются через электронную редакцию <https://elpub.vir.nw.ru/jour/index>

Дополнительно следует отправить рукопись и письмо, подписанное автором(ами) (в виде отсканированной копии), в котором следует указать:

1. прозрачность финансовой деятельности: автор(ы) не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах;
2. методы, дополнительные ссылки, резюме отчетов об исследованиях, исходные данные, заявления о наличии данных и связанные с ними материалы доступны по адресу (если есть);
3. автор(ы) благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы;
4. все авторы одобрили рукопись;
5. конфликт интересов отсутствует;
6. эта статья ранее не была опубликована, а также не представлена для рассмотрения и публикации в другом журнале;
7. ORCID всех авторов (<https://orcid.org/about>);

Сведения об авторе (авторах): фамилия, имя и отчество, место работы и адрес, должность, номер контактного телефона, электронная почта. Необходимо также указать лицо, с которым редакция будет вести переговоры и переписку.

К публикации в издании «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» **принимаются статьи, прошедшие рецензирование** (полный текст размещен по адресу: <https://elpub.vir.nw.ru/jour/about/editorialPolicies#custom-0>).

Редакция просит авторов при подготовке и направлении рукописей статей в журнал руководствоваться изложенными ниже правилами. Рукописи, оформленные без соблюдения правил, не рассматриваются редакционной коллегией. Все присланные материалы не возвращаются. О принятом решении авторы будут проинформированы по электронной почте. Все этапы прохождения рукописи можно наблюдать в личном кабинете автора (<https://elpub.vir.nw.ru/jour/index>)

II. Тематика публикаций

- Мобилизация и сохранение генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей.
- Изучение и использование генетических ресурсов растений.
- Коллекции мировых генетических ресурсов культурных растений для развития приоритетных направлений селекции.
- Генетика культурных растений и их диких родичей.
- Отечественная селекция на современном этапе.
- Идентификация генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей для решения фундаментальных и прикладных проблем.
- Систематика, филогения и география культурных растений и их диких родичей.
- Иммуитет культурных растений и их диких родичей.
- Краткие сообщения.
- Обзоры.
- История агробиологических исследований и ВИР. Славные имена.
- Рецензии, отзывы.

III. Объем и структура публикации

Объем обзорных, проблемных и аналитических статей – не более 20 страниц компьютерного текста с указанными ниже параметрами, экспериментальных – не более 15 страниц компьютерного текста. В этот объем входят: реферат (на русском и английском языках), ключевые слова (на русском и английском языках), основной текст, список литературы, таблицы и/или иллюстрации и подписи к ним (на русском и английском языках). Статьи, превышающие данные объемы, принимаются по решению редколлегии.

Текст электронной версии, предлагаемой для публикации статьи, должен быть набран в текстовом редакторе Word for Windows и сохранен в формате *.doc или *.docx.

Имя файла должно соответствовать фамилии и инициалам основного автора статьи, написанным латинскими буквами (например, Petrov_SN.docx).

Шрифт текста – Times New Roman, размер шрифта – 14 пт, без переносов, выравнивание по ширине текста. Межстрочный интервал одинарный. Все поля – по 2 см. Номера страниц не проставляют. Формат бумаги – А4. Статьи, оформленные с нарушением указанных требований, к рассмотрению не принимаются.

IV. Требования к содержанию

Статья должна быть ясно изложена; при этом необходимо придерживаться следующей структуры текста:

Реферат: на русском и английском (**Abstract**) языках объемом не менее 0,5 страницы (**до 300 слов, но не более 2000 знаков с пробелами**). Реферат на английском языке не должен являться точным переводом и может отличаться от русского варианта;

Ключевые слова: не менее четырех на русском и английском (**Key words**) языках, не должны повторять слова, используемые в названии статьи;

Текст статьи;**References / Литература:** на английском и, где это необходимо, на русском языке.

При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

Введение**Материалы и методы****Результаты****Обсуждение результатов****Заключение или Выводы**

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, текст статьи, список литературы.

Для статей на русском языке рекомендуется приведение более расширенного англоязычного реферата.

1. Требования к оформлению заглавия.

Заглавие статьи должно быть максимально кратким и четко отражать содержание. Название статьи набирают заглавными буквами полужирным шрифтом, размер шрифта 14 пт (включая латынь), расположение по центру. УДК проставляют перед названием статьи в левом верхнем ряду, размер шрифта 14 пт.

Информация об авторах. Инициалы и фамилия (фамилии) авторов набирают строчными буквами полужирным шрифтом, размер шрифта 14 пт, расположение по центру. Между инициалами и фамилиями авторов сочетаниями клавиш Ctrl+Shift+пробел устанавливают неразрывные пробелы, чтобы исключить их разъединение на две строки.**Сведения об авторе (авторах)** включают полное (и полное переводное) официально принятое название (названия) организации / научного учреждения. При этом следует указывать только ту часть названия организации, которая относится к понятию юридического лица, т. е. **не указывать** названий кафедры, лаборатории, другого структурного подразделения внутри организации. Не следует приводить и переводить на английский язык преамбулы к названиям, определяющие тип, статус организации (ФГБУН, ФГОУ, ФГУП и т. п.). Если авторы работают в разных учреждениях, после фамилии автора ставят надстрочный номер, в соответствии с которым они будут перечислены. **После названия каждого учреждения** приводится полный юридический адрес организации, включая индекс, город, страну. Все адресные сведения должны быть представлены на русском и английском языках, при этом наименование улиц дается транслитерацией, а не переводится на английский язык. В конце адреса приводится e-mail автора(ов) (буквы строчные, начертание шрифта обычное, размер шрифта 14 пт).

Автора (и его e-mail), с которым следует вести переписку, выделяют звездочкой (*).

ОБРАЗЕЦ

УДК _____

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЛИАДИНКОДИРУЮЩИХ ЛОКУСОВ
У МЕСТНЫХ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)****А. Ю. Драгович¹, А. В. Фисенко¹, О. П. Митрофанова^{2*}**¹ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова,
119991 Россия, ГСП-1 Москва, ул. Губкина, 3;
e-mail: dragova@mail.ru² Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru**Расположение по центру.**Далее следуют **Реферат** и **Ключевые слова**.**GENETIC VARIABILITY AT GLIADIN CODING LOCI AND POSSIBLE
PATHWAYS SPREADING OF COMMON WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)****A. Yu. Dragovich¹, A. V. Fisenko¹, O. P. Mitrofanova^{2*}**¹ N.I. Vavilov Institute of General Genetics,
¹ 3 Gubkina Street, GSP-1 Moscow 119991, Russia;
e-mail: dragova@mail.ru² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ruДалее следуют **Abstract** и **Key words**.

2. Требования к оформлению реферата.

Реферат необходимо представить в достаточно развернутом виде – это относится, в первую очередь, к англоязычному варианту, поскольку для международного сообщества он будет являться основным источником данных. Именно поэтому допускается расширение объема английского реферата до 300 слов. В нем должны быть четко и конкретно перечислены основные результаты, выводы, при необходимости – методы и объекты исследования.

Для описательных статей (обзоры) выделение отдельных блоков не требуется.

ОБРАЗЕЦ

(дан совместно для русского и английского вариантов)

Реферат / Abstract

Актуальность / Background. Текст / Text. **Материалы и методы / Materials and methods.** Текст / Text. Ссылки на литературные источники опускаются, приводятся наименования общеизвестных методов, или дается указание на собственные методики. **Результаты / Results.** Текст / Text. **Заключение / Conclusion.** Текст / Text.

3. Требования к оформлению ключевых слов.

Ключевые слова: / **Key words:** не менее 4-х и не более 12-ти; повторение слов, используемых в названии статьи, не допускается.

4. Требования к оформлению текста.

Названия разделов набирают строчными буквами на отдельной строке, располагают по центру, от предыдущего и следующего ниже абзацев отделяют одной пустой строкой.

Текст разделов набирают строчными буквами, размер шрифта 14 пт, начертание шрифта обычное.

Во **Введении** необходимо четко определить круг рассматриваемых в статье вопросов, лаконично описать суть исследуемой проблемы, актуальность. Завершается введение постановкой цели.

В разделе **Материалы и методы** необходимо привести список (ссылку на имеющуюся таблицу) и характеристики использованного материала (происхождение образцов, даты сбора и т. п.), последовательно перечислить все использованные в работе методы. Для общераспространенных методов достаточно привести ссылки на источники данных. Для менее популярных методов необходимо изложить их суть и/или особенности использованных модификаций. Новые, малораспространенные и оригинальные методы должны быть описаны достаточно подробно для воспроизведения их другими научными коллективами. При необходимости приводятся схемы экспериментов, маршруты экспедиций и т. п. В случае использования в ходе выполнения исследования приборов, выбор которых мог повлиять на результаты работы, а также новых и уникальных приборов, в рукописи должны быть указаны их марки и в скобках фирма и страна-производитель.

В разделе **Результаты** последовательно и подробно излагаются полученные данные. Важным является выбор наиболее простой и доступной для читателя формы представления данных (текстовая, графическая или табличная). Текст данного раздела не должен целиком копировать материалы, приведенные в таблицах или рисунках. Рекомендуется сначала изложить полученные данные, а затем приступить к их интерпретации, сравнению и дискуссии в разделе **Обсуждение**.

При использовании в тексте сокращений необходимо давать их расшифровку при первом упоминании, например: «...дикие родичи культурных растений (ДРКР)». Без расшифровки приводятся только общепринятые аббревиатуры, например: ДНК, ПЦР, КОЕ, РФ, США и т. п.

При первом упоминании в тексте исследуемого растения приводится его русское и латинское названия (полное название рода, видовой эпитет и автор/авторы), в дальнейшем, по усмотрению автора, используется только русское, или только латинское название.

Названия рода, вида, разновидности, формы выделяются курсивом, фамилии авторов и слова, определяющие ранг таксона – прямым шрифтом: *Triticum aestivum* L. subsp. *hadropyrum* (Flaksb.) Tzvelev var. *schrederi* Udacz. Родовое название приводят без сокращений только при первом упоминании в тексте (*Triticum durum* Desf.), далее по тексту его обозначают одной прописной (первой) буквой без указания автора (*T. durum*). Видовой эпитет всегда пишут полностью. Между сокращенным названием рода и видовым эпитетом сочетаниями клавиш Ctrl+Shift+пробел ставится неразрывный пробел, чтобы исключить их разъединение на две строки.

Названия таксонов рангом выше рода пишут прямым шрифтом (Fabaceae).

При оформлении систематических обзоров и описании новых таксонов необходимо пользоваться правилами Международного кодекса ботанической номенклатуры. Латинские названия растений должны быть приведены по новейшим источникам (это не касается понимания границ таксонов). Если автор признает иное понимание таксона, желательно при первом упоминании привести общепринятое название.

Авторы таксонов приводятся в тексте статьи только при первом упоминании. Необходимо помнить, что в реферате, в заголовках таблиц и рисунков названия таксонов приводятся с авторами, в названии статьи они опускаются.

Названия и символы генов печатают курсивом, а названия их продуктов – прямым шрифтом, например: гены *Vrn1*, *af*, *det*, *sum*; белки hsp 70, АТМ и т. п. Названия фагов и вирусов набирают прямым шрифтом.

Обозначение молекулярного размера (длины) фрагментов ДНК (пар нуклеотидов) следует давать без точек и со строчной буквы (пн).

Для обозначения знаков умножения и скрещивания используют символ ×.

Все величины должны быть выражены в единицах измерения Международной системы единиц (СИ) или утвержденных ГОСТами. В качестве разделителя в десятичных дробях в русском варианте текста используется запятая, в английском – точка.

Общепринятые сокращения русского языка должны содержать неразрывные пробелы: т.°е., т.°д., т.°п.

Фенофазы пишутся с маленькой буквы в кавычках: «цветение»; межфазные периоды – через тире: «всходы – цветение».

Если специалист не уверен в точности названия образца, то следует писать так: «...образцы коллекции, поступившие из страны _____ под названием _____».

При использовании в тексте цитат следует указывать автора, год и страницу (Author, 2014, p. 67). При цитировании таблицы или рисунка следует указывать: (по А. А. Автору, год).

Завершает текст статьи раздел **Заключение** или **Выводы**.

4. Требования к оформлению литературы.

Обращаем ваше внимание на то, что журнал входит в рекомендованный Высшей аттестационной комиссией (ВАК) перечень ведущих российских рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы значимые результаты диссертаций, а также в международные информационные системы и базы данных, для соответствия требованиям которых авторы должны строго соблюдать следующие правила.

References/Литература

1. В списке литературы все работы перечисляются в алфавитном порядке, а не в порядке цитирования.

2. В оригинальных статьях желательно цитировать не более 15–20 источников, допускается до 30, в обзорах литературы – не более 60, в других материалах – до 15.

3. Библиография должна содержать помимо основополагающих работ публикации за последние 5 лет, прежде всего статьи из журналов, ссылки на высокочитруемые источники, в том числе из Scopus и Web of Science. Ссылки должны быть проверяемыми.

4. Раздел **References/Литература** отделяется от текста статьи пустой строкой и содержит перечень цитированных источников с обязательным указанием заглавия (см. ниже образец).

5. Внутритекстовые библиографические ссылки даются в круглых скобках на английском языке. При этом указывается фамилия автора без инициалов и через запятую год публикации, например: (Mitrofanova, 2019). Если у публикации два автора, то указываются обе фамилии через запятую без союза «and» и год публикации, например: (Radchenko, Sokolova, 2018). Если авторов три и более, то указывается фамилия только первого автора и пишется «et al.», например: (Artemyeva et al., 2018). Если необходимо дать ссылки на несколько публикаций, то ссылки располагают в хронологическом порядке, например: «В ряде работ (Gavrilenko, 2007; Shvachko, Gavrilenko, 2011; Antonova et al., 2018)...». Если цитируется несколько работ одного и того же автора (или одной и той же группы авторов), опубликованных в одном и том же году, то к году публикации добавляются латинские строчные буквы в алфавитном порядке. Например: (Novikova et al., 2019a, 2019b; Vishnyakova, 2018a, 2018d; Burlayaeva et al., 2014b). Порядок расстановки букв определяется положением статьи в разделе **References/Литература**.

6. Раздел **References/Литература** должен содержать библиографическое описание всех тех работ, ссылки на которые фигурируют в тексте статьи. Список литературы должен быть отформатирован в соответствии со стандартами журнала (см. ниже).

7. В библиографическом описании каждого источника должны быть представлены все авторы. В библиографическом описании статьи из журнала при авторском коллективе более 6 человек упоминаются первые шесть соавторов, после чего ставится «и др.» / «et al.».

8. В англоязычной части библиографического описания все имена авторов русскоязычных источников пишутся латиницей (транслитерируются), а имена авторов иностранных источников – на английском или родном языке авторов, если в таковом используется латинский алфавит. Менять очередность авторов в изданных источниках не допускается. Вначале пишется фамилия автора, затем инициалы (между инициалами пробела нет). Название русскоязычных журналов на английском должно быть взято у издателя (как правило, на сайте журнала есть английская версия). Названия иностранных журналов и книг следует приводить в оригинале.

9. Недопустимо сокращать названия статей и названия отечественных журналов.

10. Библиографические описания ссылок на русскоязычные источники должны состоять из двух следующих друг за другом частей: латинизированной (англоязычной) и кириллической (русскоязычной). При этом сначала следует приводить латинизированную часть описания (перевод названия статьи и, если необходимо, его транслитерация). В самом конце латинизированной части библиографического описания в квадратные скобки помещают указание на исходный язык публикации, например: [in Russian], затем в круглых скобках – русскоязычную часть.

11. Внимание: **НЕ ЦИТИРУЮТСЯ**: тезисы, учебники, учебные пособия; авторефераты, материалы конференций (могут быть включены в список литературы только в том случае, если они доступны, т. е. обнаруживаются поисковыми системами); статистические сборники; диссертации без депонирования (не указываются вообще). Ссылки на диссертации, материалы конференций, патенты и юридические документы можно приводить только в случае, если они имеются в открытом доступе в Интернете!

12. Источниками в списке литературы могут быть печатные (опубликованные, изданные полиграфическим способом) и электронные издания (книги, имеющие ISBN, или статьи из периодических журналов, имеющие ISSN).

13. Автор несет полную персональную ответственность за точность и достоверность данных, приведенных в рукописи статьи, присылаемой в редакцию журнала.

14. Во всех случаях, когда цитируемого материала есть *цифровой идентификатор* (Digital Object Identifier – DOI), его необходимо указывать в самом конце библиографической ссылки. Проверять наличие DOI у статьи следует на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для получения DOI нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке. Подавляющее большинство зарубежных журнальных статей с 2000 года и многие русскоязычные статьи (опубликованные после 2013 года) зарегистрированы в системе CrossRef и имеют уникальный DOI. Пример:

• Shoeva O.Yu., Khlestkina E.K. Anthocyanins Participate in the Protection of Wheat Seedlings against Cadmium Stress. *Cereal Research Communications*. 2018;46(2):242-252. DOI: 10.1556/0806.45.2017.070

Правила подготовки латинизированной (англоязычной) части библиографических описаний НЕанглоязычных источников (в романском алфавите)

Если статья написана **на латинице** (на английском, немецком, финском, датском, итальянском и т. д.), она должна быть процитирована **в оригинальном виде**, причем в конце описания в квадратных скобках приводится указание на язык публикации на английском языке, например: [in French]. Для языков, основанных не на романском алфавите (греческий, китайский, арабский и т. п.), приводится только англоязычный вариант ссылки с указанием в квадратных скобках языка, на котором опубликован основной текст статьи, например: [in Japanese].

- Oosterveld E. Lepelbladveenmos (*Sphagnum platyphyllum* (Braithw.) Warnst.) na 50 jaar terug in Nederland. *Gorteria*. 2011;35(5):181-187. [in Dutch]

- Shigemune A., Yoshida T. Methods of anther culture of pearl millet and ploidy level of regenerated plants. *Japanese Journal of Crop Science*. 2000;69(2):224-228. [in Chinese]

Если статья имеет официальный перевод названия и написана **НЕ на латинице** – на кириллице (в том числе на русском) и т. д., то оригинальная нелатинизированная ссылка приводится в круглых скобках после англоязычного (латинизированного) варианта библиографической ссылки на источник. Проще всего проверить наличие официального перевода названия статьи можно путем поиска по ссылке elibrary.ru. Например:

- Anisimova I.N., Alpatieva N.V., Goryunova S.V., Goryunov D.V., Konarev A.V., Gavrilova V.A., Radchenko E.E. Structural variability of sunflower gene for methionine-rich albumin SFA8. *Proceedings of applied botany, genetics and breeding*. 2018;179(4):91-103. [in Russian] (Анисимова И.Н., Алпатьева Н.В., Горюнова С.В., Горюнов Д.В., Конарев А.В., Гаврилова В.А., Радченко Е.Е. Структурная изменчивость гена богатого метионином альбумина SFA8 подсолнечника. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018;179(4):91-103). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-91-103

Для статей, названия которых не имеют официального перевода на английский язык, необходимо привести английский перевод названия статьи; транслитерированное название статьи (в круглых скобках); транслитерированное названия журнала = перевод названия журнала; выходные данные по порядку – год; том(номер); страница(страницы через дефис). В квадратных скобках дается ссылка на оригинальный язык статьи: [in Russian]; после этого в круглых скобках дается полная информация по ссылке на языке оригинала. Англоязычная часть библиографического описания ссылки на русскоязычный источник должна находиться впереди русскоязычной части. Фамилии и инициалы всех авторов на латинице и название статьи на английском языке следует приводить так, как они даны в оригинальной публикации. В конце библиографического описания (за круглой скобкой) после точки помещают DOI статьи, если таковой имеется. Например:

- Bobrov E.G. Bicentennial of physical expeditions of the Academy of Sciences (Dvukhsotletie fizicheskikh ekspeditsiy Akademii nauk). *Botanicheskii zhurnal = Botanical journal*. 1968;53(11):1647-1649. [in Russian] (Бобров Е.Г. Двухсотлетие физических экспедиций Академии наук. Ботанический журнал. 1968;53(11):1647-1649).

- Simonov A.A., Strekalova A.I. Tomato cultivars of North America (Sorta pomidorov Severnoy Ameriki). *Selektsiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production*. 1972;(1):77-78. [in Russian] (Симонов А.А., Стрекалова А.И. Сорта помидоров Северной Америки. Селекция и семеноводство. 1972;(1):77-78).

У книги или монографии (один или несколько авторов) общее количество страниц не указывается, например:

- Loskutov I.G. The history of the world collection of plant genetic resources in Russia. St. Petersburg: VIR; 2009. [in Russian] (Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. Санкт-Петербург: ВИР; 2009).

Глава в книге. Указывается автор главы, ее название; далее после «В кн: / In:» приводится название книги, выделенное курсивом. Например:

- Jones W.P., Kinghorn A.D. Extraction of plant secondary metabolites. In: S.D. Sarker, Z. Latif, A.I. Gray (eds). *Natural products isolation*. 2nd ed. Springer; 2005: p.341.

- Konarev V.G., Gavriluk I.P. Serological specificity of pea proteins and its use in systematics (Serologicheskaya spetsifichnost belkov gorokha i yeyo ispolzovaniye v sistematike). In: Makasheva R.Kh. *Flora of cultivated plants. Vol. 4 (Pt 1) Grain legumes. Pea*. Leningrad; 1979. p.188-172. [in Russian] (Конарев В.Г., Гаврилюк И.П. Серологическая специфичность белков гороха и ее использование в систематике. В кн.: Макашева Р.Х. Культурная флора СССР. Т. 4, ч. 1. Зерновые бобовые культуры. Горох. Ленинград; 1979. С.188-172).

Электронные материалы, например:

- Sheshagiri R., Khadi B.M. Somatic instability for chlorophyll pigmentation in cotton (*Gossypium* spp.). *Current Science*. 1999;77(3):443-446. Available from: <https://www.currentscience.ac.in/php/toc.php?vol=077&issue=03> [accessed June 22, 2019].

- Cherezov S.N., Alekseeva A.V., Shikina L.V. Dynamics of main metabolic processes in potato plants ontogenesis. *Agricultural Biology. Ser. Biology of plants*. 2007;42(1):78-81. [in Russian] (Черезов С.Н., Алексеева А.В., Шикина Л.В. Динамика основных обменных процессов в онтогенезе растений картофеля. Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология растений. 2007;42(1):78-81). URL: <http://www.agrobiology.ru/articles/1-2007cherezov.pdf> [дата обращения: 22.06.2019].

Подробнее с примерами правильного оформления ссылок в списках литературы можно ознакомиться в приложении к настоящим правилам.

5. Требования к оформлению таблиц и рисунков

Таблицы должны быть размещены в основном тексте статьи. При оформлении таблицы используют инструменты редактора Word в разделе «Таблица». Название таблицы – 14 пт, выравнивают по центру, точка не ставится. Между названием и таблицей/рисунком, между таблицей/рисунком и основным текстом статьи – пустая строка.

Таблицы/рисунки, если их больше одной/одного, должны иметь порядковые номера. Каждая таблица и все графы в ней должны иметь заголовки. Сокращения слов (кроме общепринятых) в таблицах не допускаются. Содержание таблиц не должно дублировать текст. Не следует включать в таблицы столбцы и строки, полностью состо-

ящие из одинаковых значений, что должно быть особо оговорено в Примечании/Note к таблице или в тексте статьи. Если данные отсутствуют, ставится прочерк (-).

В названиях заимствованных рисунков и таблиц следует указывать первоисточник (по: Ivanov, 2000), который обязательно вносят в список использованных источников.

Необходимо помнить, что таблицы и рисунки существенно облегчают восприятие содержания статьи читателями, являются «самостоятельными участниками» статьи и требуют указания места и времени получения приводимых в них данных.

Таблица 3. Название таблицы Table 3. Title of the table

Все заголовки строк и граф должны быть даны на русском и английском языках. Рекомендуемый размер шрифта в таблице – 12 пт, при высокой плотности материала – не менее 10 пт. Все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы в сносках к таблице. В таблице обязательны вертикальные и горизонтальные линии сетки, кроме левой и правой боковых. Если таблица не поместилась на одной странице, то наименования столбцов таблицы повторяются на каждой странице. Ссылка на таблицу в тексте: таблица³ или (табл. 3). При повторном упоминании той же таблицы ставится (см. табл. 3). Если в статье только одна таблица, то номер не ставят; в тексте: таблица или (таблица).

Рис. 1. Название рисунка Fig. 1. Caption to the figure

Подрисуночные подписи должны быть даны на русском и английском языках. Рисунки (включая схемы, графики, диаграммы) должны быть размещены в основном тексте и представлены дополнительными файлами (jpeg, tiff; xls, xlsx – форматы Excel) к статье. Все рисунки должны быть пронумерованы: Рис.² с точкой. Название рисунка – 14 пт. Расположение по центру. Ссылка на рисунок в тексте: рисунок² или (рис. 2), на часть рисунка – рисунок², а или (рис. 2, а). Если в статье только один рисунок, то номер не ставят и слово «рисунок» не сокращают ни в самом тексте, ни в скобках.

При размещении рисунка в тексте следует выставить обтекание текста «перед текстом» (раздел работа с рисунками – формат – обтекание текстом), текст раздвинуть «пустой строкой». Рисунки могут быть многоцветными (для онлайн издания), но должны иметь копии: с оттенками серого, черно-белые или монохромные (для печатного издания). Отсканированные рисунки должны иметь разрешение не менее 300 dpi, если рисунок мелкий – 600 dpi, и сохранены в формате jpeg или tiff. Размер текста в иллюстрациях – 12 пт.

Благодарности.

Если авторы желают выразить признательность отдельным лицам и/или научным фондам, оказавшим содействие (финансирование) при выполнении работы, то соответствующая информация приводится в конце статьи перед списком литературы в разделе **Благодарности/Acknowledgements**.

С полными материалами, касающимися правил приема статей, политики журнала можно ознакомиться в электронной редакции журнала на странице <https://elpub.vir.nw.ru/jour/about>

V. Контакты

Редакция журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции»

электронная редакция: <https://elpub.vir.nw.ru/jour/index>

e-mail: trudyVIR@vir.nw.ru

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)

190000 Россия,

г. Санкт-Петербург,

ул. Б. Морская, 42, 44

На последней странице указывают:

Электронный адрес (e-mail) автора,

Почтовый адрес с индексом

ФИО автора, с которым предпочтительно вести переписку,

Номер контактного телефона, служебного или домашнего.

Информация о всех соавторах должна содержать инициалы и фамилии, перечисление ученых степеней, названия организаций, в которых автор (или авторы) работают.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИМЕРЫ ПРАВИЛЬНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ССЫЛОК В СПИСКАХ ЛИТЕРАТУРЫ

Статьи в журналах

1. Обычная журнальная ссылка на англоязычный источник и на русскоязычный, имеющий опубликованный переводной вариант названия:

• Skinner D.Z., Cuevas C., Bellinger B.S. Cytoplasmic and nuclear genetic components of membrane stability of winter wheat plants exposed to sub-zero temperatures. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2019;205(3):334-340. DOI: 10.1111/jac.12326

• Porokhovina E.A., Kutuzova S.N., Pavlov A.V., Buzovkina I.S., Brutch N.B. Diversity of flax morphological characters in VIR genetic collection as a result of crop domestication. *Ecological Genetics*. 2018;16(4):33-50. [in Russian] (Пороховина Е.А., Кутузова С.Н., Павлов А.В., Бузовкина И.С., Бруч Н.Б. Разнообразие морфологических признаков льна в генетической коллекции ВИР как результат его domestikации. Экологическая генетика. 2018;16(4):33-50). DOI: 10.17816/ecogen16433-50

• Khlestkina E.K. Rice genome editing using CRISPR/Cas system. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2019;2(1):49-54. [in Russian] (Хлесткина Е.К. Геномное редактирование риса при использовании системы CRISPR. Биотехнология и селекция растений. 2019;2(1):49-54). DOI: 10.30901/2658-6266-2019-1-49-54

• Radchenko E.E., Zubov A.A., Malinovskaya E.V. Donors of greenbug resistance in sorghum. *Vavilovia*. 2018;1(1):12-17. [in Russian] (Радченко Е.Е., Зубов А.А., Малиновская Е.В. Доноры устойчивости сорго к обыкновенной злаковой тле. *Vavilovia*. 2018;1(1):12-17). DOI: 10.30901/2658-3860-2018-1-12-17

2. Авторами статьи выступают как отдельные ученые, так и организации:

• Rhoades C., Loftis D., Lewis J., Clark S.; USDA Forest Serv. The influence of silvicultural treatments and site conditions on American chestnut (*Castanea dentata*) seedling establishment in eastern Kentucky, USA. *Forest Ecology and Management*. 2009;258(7):1211-1218. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.06.014

3. У статьи нет отдельных авторов:

• The updated list of the species of plants of flora of the Chechen Republic protected and recommended for protection (Obnovlenny spisok okhranyaemykh i rekomendovannykh k okhrane vidov rasteniy flory Chechenskoy Respubliki). *Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic*. 2011;1(14):68-73. [in Russian] (Обновленный список охраняемых и рекомендованных к охране видов растений флоры Чеченской Республики. Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2011;1(14):68-73).

• WinterWheatSeladon. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2010;46(3):142-144. DOI: 10.17221/101/2010-CJGPB

4. Статья в приложении к тому (выпуску) журнала:

• Shidfar M., Keskin S., Khah E.M., Spiridon P., Ozdemir F.A., Gokcen I.S. RAPD markers reveal genetic variation between *Cichorium spinosum* L. and *Taraxacum* sp.; a substantial medicinal plants of Greece. *Progress in Nutrition*. 2018;20 Suppl 1:153-159. DOI: 10.23751/pn.v20i1-S.5993

• Verma A.K., Dhawan S.S., Singh S., Bharati K.A., Jyotsana. Genetic and Chemical Profiling of *Gymnema sylvestre* Accessions from Central India: Its Implication for Quality Control and Therapeutic Potential of Plant. *Pharmacognosy Magazine*. 2016;12(47 suppl 4):S407-S413. DOI: 10.4103/0973-1296.191443

Пример оформления ссылок на Приложения к журналу «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции»:

• Bukin V.N., Povolotzkaya K.L., Onokhova N.P. Presence of the antiscorbutic vitamin in northern varieties of fruits, berries and vegetables. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1934; Suppl 67:25-51. [in Russian] (Букин В.Н., Поволоцкая К.Л., Онохова Н.П. Содержание аскорбинового витамина в сортах плодов, ягод, овощей Севера. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1934; Приложение 67:25-51).

5. Том журнала или выпуск подразделены на части:

• Aavik T., Talve T., Thetloff M., Uuema E., Oja T. Genetic consequences of landscape change for rare endemic plants – A case study of *Rhinanthus osiliensis*. *Biological Conservation*. 2017;210(Pt A):125-135. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.04.016

6. У журнала есть только тома (без выпусков, №) или только выпуски, № (нет томов):

• Potokina E., Druka A., Kearsey M.J. Transcript profiling and expression level mapping. *Methods Mol Biol*. 2009;513:81-92. DOI: 10.1007/978-1-59745-427-8_5

• Radchenko E.E. Genetic diversity of cultivated cereals for aphid resistance. *Sugar beet*. 2017;(2):26-29. [in Russian] (Радченко Е.Е. Генетическое разнообразие культивируемых злаков по устойчивости к тлям. Сахарная свекла. 2017;(2):26-29).

7. У периодического издания нет ни выпусков, ни томов:

• Outreach: bringing HIV-positive individuals into care. *HRSA Careaction*. 2002:110-116.

Книги и монографии

8. У книги один или несколько авторов (общее количество страниц в книге или монографии не указывается):

• Kerv Y.A., Sidorova V.V. Analysis and registration of maize lines, varieties and hybrids by zein electrophoresis technique: (guidelines). St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Керв Ю.А., Сидорова В.В. Анализ и регистрация линий, сортов и гибридов кукурузы методом электрофореза зеина: (методические указания). Санкт-Петербург: ВИР; 2018). DOI: 10.30901/978-5-905954-80-1

• Kostina L.I., Kosareva O.S. Genealogy of domestic potato cultivars (Genealogiya otechestvennykh sortov kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] (Костина Л.И., Косарева О.С. Генеалогия отечественных сортов картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2017).

• Loskutov I.G. The history of the world collection of plant genetic resources in Russia. St. Petersburg: VIR; 2009. [in Russian] (Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. Санкт-Петербург: ВИР; 2009).

• Mohlenbrock R.H. Vascular flora of Illinois: a field guide. 4th ed. Carbondale [Ill.]: Southern Illinois University Press; 2013.

• Rigin B.V., Zuev E.V., Koshkin V.A., Pyzhenkova Z.S., Matvienko I.I., Brykova A.N. et al. Catalogue of the VIR global collection. Issue 859. Spring bread wheat: characterization of early and ultra-early accessions according to their productivity and photoperiod sensitivity. St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Ригин Б.В., Зуев Е.В., Кошкин В.А., Пыженкова З.С., Матвиенко И.И., Брыкова А.Н. и др. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 859. Яровая мягкая пшеница: характеристика скороспелых и ультраскороспелых образцов по признакам продуктивности и фотопериодической чувствительности. Санкт-Петербург: ВИР; 2018). DOI: 10.30901/978-5-905954-65-8

9. У книги один или несколько редакторов:

• Chrispeels J.M., Gepts P. (eds). *Plants, genes & agriculture: sustainability through biotechnology*. New York: Oxford University Press; 2018.

• Rigin B.V., Gaevskaya E.L. (eds). *Identified plant genepool and breeding*. St. Petersburg: VIR; 2005. [in Russian] (Идентифицированный генофонд растений и селекция / отв. ред. Б.В. Ригин, Е.И. Гаевская. Санкт-Петербург: ВИР; 2005).

10. У книги указаны как авторы, так и редакторы:

• Kobylansky V.D., Korzun A.E., Katerova A.G., Lapikov N.S., Solodukhina O.V. *Flora of cultivated plants*. Vol. 2 (Pt 1). Rye. V.D. Kobylansky (ed.). Leningrad; 1989. [in Russian] (Кобылянский В.Д., Корзун А.Е., Катерова А.Г., Лапиков Н.С., Солодухина О.В. Культурная флора СССР. Т. 2, ч. 1. Рожь / под ред. В.Д. Кобылянского. Ленинград; 1989).

• Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Buravtseva T.V., Burlyakova M.O., Semenova E.V., Filipenko G.I., Aleksandrova T.G., Egorova G.P., Yankov I.I., Bulynstev S.V., Gerasimova T.V., Drugova E.V. *VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying: (methodological guidelines)*. 2nd ed. M.A. Vishniyakova (ed.). St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Янков И.И., Булынецов С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: (методические указания). 2-е изд. / под ред. М.А. Вишняковой. Санкт-Петербург: ВИР; 2018). DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5

11. Автором книги выступает организация:

• FAO Committee on Commodity Problems. *Statistics on abaca*, 1979-1984. 1984.

12. Глава в книге:

• Jones W.P., Kinghorn A.D. Extraction of plant secondary metabolites. In: S.D. Sarker, Z. Latif, A.I. Gray (eds). *Natural products isolation*. 2nd ed. Springer; 2005: p.341.

• Konarev V.G., Gavriluk I.P. Serological specificity of pea proteins and its use in systematics (Serologicheskaya spetsifichnost belkov gorokha i yeyo ispolzovaniye v sistematike). In: Makasheva R.Kh. *Flora of cultivated plants*. Vol. 4 (Pt 1) *Grain legumes*. Pea. Leningrad; 1979. p.188-172. [in Russian] (Конарев В.Г., Гаврилюк И.П. Серологическая специфичность белков гороха и ее использование в систематике. В кн.: Макашева Р.Х. Культурная флора СССР. Т. 4, ч. 1. *Зерновые бобовые культуры*. Горох. Ленинград; 1979. С.188-172).

• Suzuki G., Akyol T.Y., Sato S. Structural and Functional Genomic Resources Developed. In: M. Shigyo, A. Khar, M. Abdelrahman (eds). *The Allium Genomes*. Cham (Switzerland): Springer International Publishing AG; 2018. p.161-172. DOI: 10.1007/978-3-319-95825-5_11

13. Материалы конференции:

• Street K., Mackay M., Zuev E., Kaul N., El Bouhssini M., Konopka J. et al. Diving into the genepool: a rational system to access specific traits from large germplasm collections. In: R. Appels, R. Eastwood, E. Lagudah, P. Langridge, M. Mackay, L. McIntyre et al. (eds). *Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium*; 2008 August 24-29; Brisbane, QLD, Australia. Sydney: Sydney University Press; 2008. p.28-31. Available from: <https://books.google.ru/books?id=Nt99CyZWJYwC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false> [accessed Jun 24, 2019].

14. Научный или технический отчет (обязательно указание организации, проводящей исследование):

• Botanical Garden Department. Report on the expedition of 2011 – Northern Caucasus (Otdel botanichesky sad. Otchet po ekspeditsii 2011 god – Severny Kavkaz). Komarov Botanical Institute. Report number: n/a; 2011. [in Russian] (Отдел ботанический сад. Отчет по экспедиции 2011 год – Северный Кавказ. БИН им. В.Л. Комарова. Номер отчета: б/н; 2011). URL: <https://www.binran.ru/science/ekspeditsii/otdel-botanicheskiy-sad-otchet-po-ekspeditsii-2011-god-severnyu-kavkaz-2011/> [дата обращения: 24.06.2019].

• Jang W., Eskelson B.N.I., de Montigny L. *Tree damage after fertilization of thinned lodgepole pine, Douglas-fir, and spruce stands in the British Columbia interior: synthesis report on up to 18-year responses from EP886*. British Columbia Government. Tech. Report number: 120; 2019. Available from: www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr120.htm [accessed Jun 23, 2019].

15. Диссертации:

• Bailey C.D. *Systematics of Sphaerocardamum (Brassicaceae) and Related Genera* [dissertation]. Ithaca: Cornell University; 2001.

• Porokhovina E.A. Building up and studying the genetic collection of flax: *Linum usitatissimum* L. (Sozdaniye i izucheniye geneticheskoy kollektzii lina: *Linum usitatissimum* L.) [dissertation]. St. Petersburg: VIR; 2002. [in Russian] (Пороховина Е.А. Создание и изучение генетической коллекции льна: *Linum usitatissimum* L.: дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург: ВИР; 2002).

16. Патенты:

• Bulynstev S.V., Valyanikova T.I., Vinogradov Z.S., Dzyubenko N.I., Dzyubenko E.A. Guar (*Cyamopsis tetragonolobus* (L.) Taub.). Variety Vavilovsky 130 (Guar (*Cyamopsis tetragonolobus* (L.) Taub.). Sort Vavilovskiy 130). Russian Federation; breeding achievement patent number: 9552; 2018. [in Russian] (Булынецов С.В., Вальяникова Т.И., Виноградов З.С., Дзюбенко Н.И., Дзюбенко Е.А. Гуар (*Cyamopsis tetragonolobus* (L.) Taub.). Сорт Вавиловский 130. Российская Федерация; патент на селекционное достижение № 9552; 2018).

• Landini L., Chielini E. Water soluble and biodegradable self airproof tight closing bag. Italy; patent number: CN101045489; 2007.

• Titarenko L.P., Titarenko A.V. Method for selecting gramineous crop plants (Sposob selektsii rasteniy zlakovykh kultur). Russian Federation; patent number: 2125365; 1999. [in Russian] (Титаренко Л.П., Титаренко А.В. Способ селекции растений злаковых культур. Российская Федерация; патент № 2125365; 1999).

Другие публикуемые материалы**17. Карты и русский пример:**

- British Geological Survey. South London, 270. 1:50 000. London: BGS; 1998.
- Ogureeva G.N. (ed.). Zones and types of zonality for vegetation of Russia and adjacent territories (Zony i tipy poynasnosti rastitelnosti Rossii i sopredelnykh territoriy). 1 : 8 000 000. Moscow: ECOR; 1999. [in Russian] (Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий / под ред. Г.Н. Огуревой 1 : 8 000 000. Москва: ЭКОР; 1999).

18. Неопубликованные материалы, принятые в печать:

- Zavarzina A.G., Nikolaeva T.N., Demin V.V., Lapshin H.V., Makarov M.I., Zavarzin A.A. et al. Water-soluble phenolic metabolites in lichens and their potential role in soil organic matter formation at the pre-vascular stage. *European Journal of Soil Science*. [preprint] 2019. DOI: 10.1111/ejss.12822
- Ivanova K.A., Komyshev E.G., Genaev M.A., Egorova A.A., Koloshina K.A., Chalaya N.A. et al. Image-based analysis of quantitative morphological characteristics of wild potato tubers using the desktop application SeedCounter. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. [preprint] 2019. [in Russian] (Иванова К.А., Комышев Е.Г., Генаев М.А., Егорова А.А., Колошина К.А., Чалая Н.А. и др. Оценка количественных характеристик клубнеобразования дикого картофеля на основе анализа изображений клубней с использованием компьютерного приложения SeedCounter. Вавиловский журнал генетики и селекции. [в печати] 2019. DOI: 10.18699/VJ19.35-o

Электронные материалы**19. Публикации в электронных версиях журналов:**

- Sheshagiri R., Khadi B.M. Somatic instability for chlorophyll pigmentation in cotton (*Gossypium* spp.). *Current Science*. 1999;77(3): 443-446. Available from: <https://www.currentscience.ac.in/php/toc.php?vol=077&issue=03> [accessed June 22, 2019].
- Cherezov S.N., Alekseeva A.V., Shikina L.V. Dynamics of main metabolic processes in potato plants ontogenesis. *Agricultural Biology. Ser. Biology of plants*. 2007;42(1):78-81. [in Russian] (Черезов С.Н., Алексеева А.В., Шикина Л.В. Динамика основных обменных процессов в онтогенезе растений картофеля. Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология растений. 2007;42(1):78-81). URL: <http://www.agrobiology.ru/articles/1-2007cherezov.pdf> [дата обращения: 22.06.2019].

20. Монографии, опубликованные в интернете:

- Chesnokov Yu.V., Kocherina N.V., Kosolapov V.M. Molecular markers in population genetics and breeding of cultivated plants. Moscow; 2019. [in Russian] (Чесноков Ю.В., Кочерина Н.В., Косолапов В.М. Молекулярные маркеры в популяционной генетике и селекции культурных растений. Москва; 2019). DOI: 10.33814/monography_1614

RULES FOR AUTHORS

I. General information

The journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding* publishes scientific surveys, analytical papers and discussable articles in all aspects of research on genetic resources of cultivated plants and their wild relatives; results of original experimental studies in the fields of plant genetics, breeding, physiology, biochemistry, immunology, etc.; articles dedicated to taxonomy, phylogeny and geography; and brief reports. Reviews and materials of science chronicles are also accepted.

The journal is published four times a year. Publication languages are Russian and English.

Manuscripts should be submitted via the electronic editing resource <https://elpub.vir.nw.ru/jour/index>

In addition, the manuscript and a letter signed by the author(s) (as a scanned copy) with the following information:

1. transparency of financial activities: the author(s) declare(s) the absence of any financial interest in the materials or methods presented;
2. methods, additional references, summaries of the research-related reports, source data, statements on the presence of data and materials related to them are available at the address (if applicable);
3. the author(s) is (are) grateful to the reviewers for their contribution to the expert examination of this work;
4. all the authors approve of this manuscript;
5. there is no conflict of interests;
6. this manuscript has never been published earlier nor submitted for consideration and publication in any other journal;
7. ORCID codes for all authors;

Information about the author (authors): family name, first name and patronymic (middle name), place of employment and its address, position, contact telephone number, and e-mail address. A contact person should also be identified for the editors to communicate and correspond with. The editors request the authors to abide by the rules below while preparing and sending their manuscripts to the journal. The manuscripts whose format does not conform to these rules will not be considered by the Editorial Board. All received materials will not be returned. The author(s) will be informed by e-mail on the decision taken. All stages of the manuscript's progress may be tracked online from the author's personal page (<https://elpub.vir.nw.ru/jour/index>).

II. Research areas of publications

- Mobilization and conservation of the genetic diversity of cultivated plants and their wild relatives
- Studying and utilization of plant genetic resources
- Collections of the world's crop genetic resources for the development of priority plant breeding trends
- Genetics of cultivated plants and their wild relatives
- Domestic plant breeding at the present stage
- Identification of the diversity of cultivated plants and their wild relatives for solving fundamental and applied problems
- Systematics, phylogeny and geography of cultivated plants and their wild relatives
- Immunity of cultivated plants and their wild relatives
- Brief reports
- Surveys
- History of agrobiological research and VIR. Names of renown
- Reviews and criticism

III. Publication size and structure

The volume of surveying, problem-oriented and analytical articles should not exceed 20 pages of computerized text in line with the below requirements. Descriptions of experiments should cover no more than 15 pages of computerized text. This volume includes an abstract (in Russian and English), key words (in Russian and English), main text, list of references, tables and/or illustrations and their captions (in Russian and English). Articles exceeding these volumes are left to the Editorial Board's discretion to be accepted.

The text of the electronic version of an article offered for publication should be typeset in Word for Windows text editor and saved preferably in *.doc or *.docx formats.

The file name should comply with the family name and initials of the article's main author in Latin characters (e.g. Petrov_SN.docx).

The font of the text shall be Times New Roman, font size 14pt, without hyphenation, with fully justified alignment. Single interline spacing should be used. All margins are 2 cm. No page numbers should be inserted. Paper size is A4. If the above format requirements are not observed, such manuscript will not be accepted for consideration.

IV. Content requirements

Articles should be explicitly related, and the following text structure is to be observed:

Abstract: Russian and English versions are presented, each no less than 0.5 of the page (up to 300 words, but no more than 2000 characters with spaces); the English version of an abstract need not be the exact translation of the Russian version and may differ from the latter;

Key words: no less than four, in Russian and in English; they must not repeat the words used in the article's title;

Text of the article;

References: in English and, where applicable, in Russian.

When describing original experimental data, it is advisable to use the following subtitles:

Introduction

Materials and methods

Results

Discussion

Conclusion or Findings

Theoretical, surveying and problem-oriented articles may have optional structure, but must contain an abstract, key words, the main text, and references.

For articles in Russian, a more extensive English abstract is recommended.

1. Requirements for the title.

The title of an article must be as concise as possible and clearly reflect the content. The title's format: Uppercase; Boldface; 14pt (incl. Latin names); Centered. **Note:** the UDC index is typed above the article's title in the upper left corner of the page (font size: 14pt).

Information about the author(s). For the initials and family name(s) of the author(s) the following format is used: Lowercase; Boldface; 14pt; Centered. Between the initials and before the family name(s) of the author(s) a non-breakable space is inserted by pressing the combination: Ctrl+Shift+Space, to preclude their splitting into two lines. Below the name(s) are the **data of the author(s)**, starting with affiliation, i. e. the name(s) of the organization/scientific institution, its full legal address including zip code, city and country, and e-mail of the authors(s) (Lowercase; Regular; 14pt; Centered). All information in the address should be presented in Russian and English, including the city and the country. If the authors have different employers, each coauthor's family name is followed by a superscript number with the respective data presented below. A superscript asterix (*) is to be used to mark the corresponding author.

2. Requirements for the abstract

The abstract is to be submitted in a sufficiently extensive form – first of all, it refers to the English version, because it will be the main data source for the international community. That is why the English abstract may be expanded up to 300 words. It should accurately and explicitly recite major results, findings and, if needed, methods and objectives of the presented research. Phraseology like "...the issues considered in the article are..." or "...the problem discussed is..." is not recommended. Writing an abstract is an important component of the citation index in the world's scientific periodicals.

Abstract

Background. Text. **Materials and methods.** Text. No references to any publications are included; names of well-known methods or references to own techniques are given. **Results.** Text. **Conclusion.** Text.

For descriptive articles (surveys) there is no need to divide the text into separate sections.

3. Requirements for the key words

Key words (min. 4 – max. 12) must not repeat the words used in the article's title.

4. Requirements for the text

Titles of the sections (Lowercase; Boldface; 14pt; Centered) are typed in a separate line, detached from the previous and following paragraphs by one blank line.

The text in the sections is formatted as follows: Lowercase; Regular; 14pt.

Introduction should outline the scope of issues considered in the article and briefly describe the essence of the studied problem, its background and relevance. In the end, the *objective* of the research is posed.

The section **Materials and methods** should contain the list (or refer to an existing table) and characteristics of the materials used (origin of accessions, dates when collected, etc.) as well as consecutive enumeration of all the techniques employed. With commonly used methods, it is enough to refer to the data sources. Less known methods require description of their essence and/or specific features of the applied modifications. New, rare and unique methods should be described in sufficient detail, so that other research teams could reproduce them. If needed, the schemes of experiments, routes of collecting missions, etc. are presented. If the research involved the use of any instruments whose choice could influence the results of the research or any new and unique devices, the manuscript should contain their brand names and, in parentheses, the name(s) of their producer(s) and the country of origin.

The data obtained are sequentially and in detail accounted for in the section **Results**. It is important to choose the easiest and most comprehensible manner of their presentation to the reader (text, graphics or tables). It is recommended first to relate the data obtained, and then proceed with their interpretation, comparison and discussion in the section **Discussion**.

If abbreviations are used in the text, they should be expanded once, at their first appearance; for example: crop wild relatives (CWR). Conventional abbreviations are given as they are, without expansion, for example: DNA, PCR, CFU, RF, USA, etc.

When a plant under study is mentioned in the text for the first time, its common and Latin names are presented (full generic name, species epithet, and author or authors). After that, at the author's choice, only its common name or Latin analogue is used.

Names of the genus, species, variety and form are italicized, but names of the author(s) and words indicating the taxon's rank are not (*Triticum aestivum* L. subsp. *hadropyrum* (Flaksb.) Tzvelev var. *schrederi* Udacz.). When a generic name is mentioned in the text for the first time, it is not abbreviated (*Triticum durum* Desf.); later it is abbreviated to the uppercase (first) letter; the species epithet always remains unabbreviated, and the author's name is not mentioned at all (*T. durum*). Between the generic abbreviation and the species epithet a non-breakable space is inserted by pressing the combination: Ctrl+Shift+Space to preclude their splitting into two lines.

All taxa of higher ranks are never italicized (Fabaceae).

The rules of the International Code of Botanical Nomenclature are used to make taxonomic surveys and to describe new taxa. Latin plant names should comply with the latest sources (it does not apply to the understanding of boundaries between taxa). If the author vouches for an alternative concept of a taxon, it is desirable to mention its conventional name at its first appearance in the text.

The author(s) of the taxa appear(s) in the text only when first mentioned. One should remember that the names of plant taxa should include the author's name(s) when appearing in the abstract, the titles of tables, and the captions to figures, but such name(s) are omitted in the manuscript's title.

Gene names and symbols are italicized, while the names of their products are not; for example: genes *Vrn1*, *af*, *det*, *sym*; proteins hsp 70, ATM, etc. Phage and virus names are not italicized.

Molecular size (length) of DNA fragments (base pairs) should be designated without points, starting with a lowercase letter (bp).

The symbol [×] is used to indicate multiplication and crosses. All values should be expressed in the units of measurement standardized in the International System of Units (SI) or approved by the National Standards (GOST). Decimal fractions are separated with a comma in Russian texts, and with a dot in English versions.

Phenological phases are written starting with a lowercase letter in single quotes ('flowering'), and interphase periods are separated with an n-dash ('sprouting – flowering').

If an expert is not certain about the accuracy of an accession's name, he/she should write, "the accessions received from _____ (country) under the name of _____."

When citations appear directly in the text, the author, year and page are to be indicated (Author, 2014. p.67). When a table or a figure is cited, it should be marked (from A. A. Author, year).

The text of the article is finalized with the section **Conclusion** or **Findings**.

4. Requirements for the references

The journal's referencing system is basically founded on the Vancouver Name/Date hybrid style with some modifications made in an attempt to integrate international referencing principles with the conventional Russian referencing standard.

Please note that the journal is listed by the Supreme Certification Commission (VAK) among the leading Russian peer-reviewed scientific journals and publications, where significant dissertation results should be published, and is included in the international data bases and systems, which require from authors strict observance of the following rules.

References

1. All sources in the list of references are arranged in alphabetical order by the last name of the first author or, if author is not available, by title (not in the order of citing).

2. For original articles, it is desirable to cite 15–20 sources (max. 30); for surveys of publications, not more than 60; for other kinds of manuscripts, up to 15.

3. A list of references should contain, in addition to basic background works, publications for the past 5 years and, first of all, articles from journals and references to highly cited sources, including those from Scopus and Web of Science. All references must be verifiable.

4. The section **References** is separated from the main text by a blank line and contains the list of cited sources with mandatory mentioning of their titles (see examples below).

5. References within the text are given in parentheses in English. An author's last name without initials is followed by a comma and the year of publication, for example: (Mitrofanova, 2019). If there are two coauthors, both last names are cited, with a comma (not 'and') between them: (Radchenko, Sokolova, 2018). If there are three coauthors or more, only the first one is named, with 'et al.' after his/her last name: (Artemyeva et al., 2018). If there is a need to refer to several sources, the references in the text are arranged in chronological order, for example: 'In a number of publications (Gavrilenko, 2007; Shvachko, Gavrilenko, 2011; Antonova et al., 2018)...' References to several publications of the same author (or the same group of authors) published in the same year are formatted by adding Latin lowercase letters after the year in alphabetical order, for example: (Novikova et al., 2019a, 2019b; Vishnyakova, 2018a, 2018d; Burlyaeva et al., 2014b). The sequence of such letters must comply with the positions of the publications in the section **References**.

6. The section **References** must contain bibliographic descriptions of all publications referred to in the manuscript. The list of references should be formatted in line with the journal's standards (see below).

7. Bibliographic description of each source must include all the authors. However, when a reference describes an article written by more than 6 authors, only the first six should be mentioned, with 'et al.' after the sixth name.

8. If the original publication is in Russian, Cyrillic names of the authors should be transliterated in the Latin alphabet. If the original publication is in English or any other language based on the Latin alphabet, the names of the authors are presented in such language. The order of the authors in a published source must not be altered. A description begins with the author's family name, followed by initials (without space between them). English versions of the titles of Russian journals should conform to the editors' translations (as a rule, they may be found on a journal's official website). The titles of foreign journals and books are presented in their original version.

9. Titles of articles and names of domestic journals must not be abbreviated.

10. Bibliographic descriptions of Russian sources consist of two consecutive parts: latinized (English) and Cyrillic (Russian). The latinized part should precede the Cyrillic one (translation of the title and, if need be, its transliteration). In the end of the latinized part an indication of the publication's original language is given in brackets: [in Russian], followed by the Cyrillic part.

11. NB: the following sources **ARE NOT CITED**: textbooks; manuals; conference proceedings (except when they are easily found via browsers); statistical data sources; and non-deposited dissertation papers (not to be mentioned at all). References to dissertations, conference proceedings, patents and legal instruments are allowed only if they are freely accessible via web browsers.

12. Sources described in the list of references may include printed (published as hard copies) and electronic publications (books with ISBN or articles from journals with ISSN).

13. The author is fully and personally responsible for the accuracy and credibility of the data presented in his/her manuscript that was submitted to the journal's editors.

14. In all cases when a cited source has a DOI (Digital Object Identifier), it must be included in the end of its bibliographic description (one can check whether an article has a DOI or not on the websites <http://search.crossref.org/> or <https://www.citethisforme.com>). For example:

• Shoeva O.Yu., Khlestkina E.K. Anthocyanins Participate in the Protection of Wheat Seedlings against Cadmium Stress. *Cereal Research Communications*. 2018;46(2):242-252. DOI: 10.1556/0806.45.2017.070

Instructions concerning non-English sources (based on the Latin alphabet):

If an article's language is based on the **Latin** alphabet (English, German, Finnish, Danish, Italian, etc.), such article is to be cited in its **original** version, with the indication of the original language in brackets at the end of the bibliographic description (e. g. [in French]). For the languages employing other fonts (Greek, Chinese, Arabic, etc.), only the English version of the reference is presented, with the indication of the original language in brackets at the end of the bibliographic description (e. g. [in Japanese]).

Examples:

- Oosterveld E. Lepelbladveenmos (*Sphagnum platyphyllum* (Braithw.) Warnst.) na 50 jaar terug in Nederland. *Gorteria*. 2011;35(5):181-187. [in Dutch]
- Shigemune A., Yoshida T. Methods of anther culture of pearl millet and ploidy level of regenerated plants. *Japanese Journal of Crop Science*. 2000;69(2): 224-228. [in Chinese]

Books and monographs (one or more authors): Do not include the total number of pages in the publication, for example:

- Loskutov I.G. The history of the world collection of plant genetic resources in Russia. St. Petersburg: VIR; 2009. [in Russian] [Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. Санкт-Петербург: ВИР; 2009].

Chapter in a book: The author(s) and the title of the chapter are followed by 'In:' (the book title is to be italicized).

Examples:

- Jones W.P., Kinghorn A.D. Extraction of plant secondary metabolites. In: S.D. Sarker, Z. Latif, A.I. Gray (eds). *Natural products isolation*. 2nd ed. Springer; 2005: p.341.
- Konarev V.G., Gavriluk I.P. Serological specificity of pea proteins and its use in systematics (Serologicheskaya spetsifichnost belkov gorokha i yeyo ispolzovaniye v sistematike). In: Makasheva R.Kh. *Flora of cultivated plants. Vol. 4 (Pt 1) Grain legumes. Pea*. Leningrad; 1979. p.188-172. [in Russian] [Конарев В.Г., Гаврилюк И.П. Серологическая специфичность белков гороха и ее использование в систематике. В кн.: Макашева Р.Х. Культурная флора СССР. Т. 4, ч. 1. Зерновые бобовые культуры. Горех. Ленинград; 1979. С.188-172).

Electronic publications.

Examples:

- Sheshagiri R., Khadi B.M. Somatic instability for chlorophyll pigmentation in cotton (*Gossypium* spp.). *Current Science*. 1999;77(3): 443-446. Available from: <https://www.currentscience.ac.in/php/toc.php?vol=077&issue=03> [accessed Jun 22, 2019].
- Cherezov S.N., Alekseeva A.V., Shikina L.V. Dynamics of main metabolic processes in potato plants ontogenesis. *Agricultural Biology*. Ser. Biology of plants. 2007;42(1):78-81. [in Russian] [Черезов С.Н., Алексеева А.В., Шикина Л.В. Динамика основных обменных процессов в онтогенезе растений картофеля. Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология растений. 2007;42(1):78-81). URL: <http://www.agrobiology.ru/articles/1-2007cherezov.pdf> [дата обращения: 22.06.2019].

Information on correct reference formatting is presented in more detail in the appendix to the present rules.

5. Requirements for tables and figures.

Tables are to be placed within the article's main text. Tables are formatted using MSWord processing instruments in the *Tables* section. The title of a table is formatted as follows: Lowercase; Boldface; 14pt; Centered; without a full stop at the end. The titles of tables and the captions of figures are separated from the tables/figures and from the article's main text by blank lines.

Table 3. Title of the table**Figure 1. Caption of the figure**

When there is more than one table or figure in the article, they must be consecutively numbered. Each table and each column within it must have a title. Abbreviations, except conventional ones, are not allowed in tables. The content of tables should not duplicate the text. Tables should not contain columns or rows with the same values in all cells (such cases should be specifically pointed out in a footnote to the table or in the text). If no data are available, a dash is used (-).

If a figure or a table is cited from another source, the author(s) should be referred to in parentheses (from N. I. Ivanov, 2000), and such source must be listed among the references.

One should keep in mind that tables and figures considerably facilitate the perceiving of the article's content by readers; they are 'self-contained' elements of an article and require indication of the place and time where and when the data presented in the table or figure were obtained.

Recommended font size for tables is 12pt, and no less than 10pt in case of high density of the text. All abbreviations and acronyms should be expanded in the footnotes to the table. Vertical and horizontal lines are mandatory for a table, except for the left and right boundaries. If a table does not fit within one page, its heading should be reproduced on each page of the table. Reference to a table in the text should be: Table 3 or (Table 3). If the same table is mentioned more than once, (see Table 3) is used. If the article contains only one table, the same rule is applied, but without any number: Table or (Table).

Captions under the figures must be in Russian and in English. All figures (including charts, graphs and diagrams) should be incorporated into the main text and additionally represented in the files (.jpeg, .tiff, .xls, .xlsx – Excel formats) attached to the manuscript. All figures should be consecutively numbered. The caption begins with 'Fig. 2.' followed by a full stop and the text of the caption (Lowercase; Boldface; 14pt; Centered; without a full stop at the end). A figure is referred to in the text as Fig. 2. or (Fig. 2); a fragment of a figure, as (Fig. 2a). If only one figure is used, no number is required, and the word 'Figure' is not abbreviated. When inserting an illustration into the text one should select the 'In Front Of Text' wrapping option (Image – Wrap Text – In Front Of Text), having drawn the text apart with blank lines. Illustrations may be multicolored (for an online version), but should have copies – with shades of grey, black-and-white, or monochrome (for a printed version). Scanned pictures should

have resolution no less than 300 dpi or, if the picture is tiny, 600 dpi, and saved in the .jpeg or .tiff format. Font size within the illustrations should be 12pt.

Acknowledgements.

If the authors wish to express their gratitude to individuals and/or scientific foundations that helped them to accomplish their work, such information should appear at the end of the article's text before the list of references in the section **Acknowledgements**.

To familiarize yourself with the manuscript acceptance criteria and the journal's policy, please visit our electronic editor website: <https://elpub.vir.nw.ru/jour/about>

V. Contacts

Editorial Board of *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*

Electronic editor website: <https://elpub.vir.nw.ru/jour/index>

e-mail: trudyVIR@vir.nw.ru

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)

42, 44 Bolshaya Morskaya Street

St. Petersburg 190000

Russian Federation

The last page should contain the following information:

Electronic address (e-mail) of the author(s)

Mailing address of the author(s) with zip code

Name of the author preferred for further communication

Contact telephone number (home or office)

Data of all the coauthors (family names with initials, scientific degrees, and name(s) of their employer(s)).

APPENDIX

EXAMPLES OF CORRECT FORMATTING IN THE LISTS OF REFERENCES

Journal articles:

1. Conventional references to an article in English and a Russian one with a published English translation of the title:

• Skinner D.Z., Cuevas C., Bellinger B.S. Cytoplasmic and nuclear genetic components of membrane stability of winter wheat plants exposed to sub-zero temperatures. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2019;205(3):334-340. DOI: 10.1111/jac.12326

• Porokhovina E.A., Kutuzova S.N., Pavlov A.V., Buzovkina I.S., Brutch N.B. Diversity of flax morphological characters in VIR genetic collection as a result of crop domestication. *Ecological Genetics*. 2018;16(4):33-50. [in Russian] (Пороховина Е.А., Кутузова С.Н., Павлов А.В., Бузовкина И.С., Бруч Н.Б. Разнообразие морфологических признаков льна в генетической коллекции ВИР как результат его доместикации. *Экологическая генетика*. 2018;16(4):33-50). DOI: 10.17816/ecogen16433-50

• Khlestkina E.K. Rice genome editing using CRISPR/Cas system. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2019;2(1):49-54. [in Russian] (Хлесткина Е.К. Геномное редактирование риса при использовании системы CRISPR. *Биотехнология и селекция растений*. 2019;2(1):49-54). DOI: 10.30901/2658-6266-2019-1-49-54

• Radchenko E.E., Zubov A.A., Malinovskaya E.V. Donors of greenbug resistance in sorghum. *Vavilovia*. 2018;1(1):12-17. [in Russian] (Радченко Е.Е., Зубов А.А., Малиновская Е.В. Доноры устойчивости сорго к обыкновенной злаковой тле. *Vavilovia*. 2018;1(1):12-17). DOI: 10.30901/2658-3860-2018-1-12-17

2. When the authors of an article are individuals and corporate entities:

• Rhoades C., Loftis D., Lewis J., Clark S.; USDA Forest Serv. The influence of silvicultural treatments and site conditions on American chestnut (*Castanea dentata*) seedling establishment in eastern Kentucky, USA. *Forest Ecology and Management*. 2009;258(7):1211-1218. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.06.014

3. When the article has no identified authors:

• The updated list of the species of plants of flora of the Chechen Republic protected and recommended for protection (Obnovlenny spisok okhranyaemykh i rekomendovannykh k okhrane vidov rasteniy flory Chechenskoy Respubliki). *Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic*. 2011;1(14):68-73. [in Russian] (Обновленный список охраняемых и рекомендованных к охране видов растений флоры Чеченской Республики. *Вестник Академии наук Чеченской Республики*. 2011;1(14):68-73).

• Winter Wheat Seladon. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2010;46(3):142-144. DOI: 10.17221/101/2010-CJGPB

4. When the article is published in a supplement to the journal's volume (issue):

• Shidfar M., Keskin S., Khah E.M., Spiridon P., Ozdemir F.A., Gokcen I.S. RAPD markers reveal genetic variation between *Cichorium spinosum* L. and *Taraxacum* sp.; a substantial medicinal plants of Greece. *Progress in Nutrition*. 2018;20 Suppl 1:153-159. DOI: 10.23751/pn.v20i1-S.5993

• Verma A.K., Dhawan S.S., Singh S., Bharati K.A., Jyotsana. Genetic and Chemical Profiling of *Gymnema sylvestre* Accessions from Central India: Its Implication for Quality Control and Therapeutic Potential of Plant. *Pharmacognosy Magazine*. 2016;12(47 suppl 4):S407-S413. DOI: 10.4103/0973-1296.191443

An example of referencing to Supplements to *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*:

• Bukin V.N., Povolotzkaya K.L., Onokhova N.P. Presence of the antiscorbutic vitamin in northern varieties of fruits, berries and vegetables. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1934; Suppl 67:25-51. [in Russian] (Букин В.Н.,

Поволоцкая К.Л., Онохова Н.Р. Содержание антицинготного витамина в сортах плодов, ягод, овощей Севера. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1934; Приложение 67:25-51).

5. When the journal's volume or issue is divided into parts:

• Aavik T., Talve T., Thetloff M., Uuema E., Oja T. Genetic consequences of landscape change for rare endemic plants – A case study of *Rhinanthus osiliensis*. *Biological Conservation*. 2017;210(Pt A):125-135. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.04.016

6. When a journal is published only in volumes (with no issues) or issues (without volumes):

• Potokina E., Druka A., Kearsey M.J. Transcript profiling and expression level mapping. *Methods Mol Biol*. 2009;513:81-92. DOI: 10.1007/978-1-59745-427-8_5

• Radchenko E.E. Genetic diversity of cultivated cereals for aphid resistance. *Sugar beet*. 2017;(2):26-29. [in Russian] (Радченко Е.Е. Генетическое разнообразие культивируемых злаков по устойчивости к тлям. Сахарная свекла. 2017;(2):26-29).

7. When a journal has neither issues nor volumes:

• Outreach: bringing HIV-positive individuals into care. *HRSA Careaction*. 2002:110-116.

Books and monographs

8. A book has one or more authors (do not include the total number of pages in your reference to a book or monograph):

• Kerv Y.A., Sidorova V.V. Analysis and registration of maize lines, varieties and hybrids by zein electrophoresis technique: (guidelines). St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Керв Ю.А., Сидорова В.В. Анализ и регистрация линий, сортов и гибридов кукурузы методом электрофореза зеина: (методические указания). Санкт-Петербург: ВИР; 2018). DOI: 10.30901/978-5-905954-80-1

• Kostina L.I., Kosareva O.S. Genealogy of domestic potato cultivars (Genealogiya otechestvennykh sortov kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] (Костина Л.И., Косарева О.С. Генеалогия отечественных сортов картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2017).

• Loskutov I.G. The history of the world collection of plant genetic resources in Russia. St. Petersburg: VIR; 2009. [in Russian] (Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. Санкт-Петербург: ВИР; 2009).

• Mohlenbrock R.H. Vascular flora of Illinois: a field guide. 4th ed. Carbondale [Ill.]: Southern Illinois University Press; 2013.

• Rigin B.V., Zuev E.V., Koshkin V.A., Pyzhenkova Z.S., Matvienko I.I., Brykova A.N. et al. Catalogue of the VIR global collection. Issue 859. Spring bread wheat: characterization of early and ultra-early accessions according to their productivity and photoperiod sensitivity. St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Ригин Б.В., Зуев Е.В., Кошкин В.А., Пыженкова З.С., Матвиенко И.И., Брыкова А.Н. и др. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 859. Яровая мягкая пшеница: характеристика скороспелых и ультраскороспелых образцов по признакам продуктивности и фотопериодической чувствительности. Санкт-Петербург: ВИР; 2018). DOI: 10.30901/978-5-905954-65-8

9. A book has one or more editors:

• Chrispeels J.M., Gepts P. (eds). Plants, genes & agriculture: sustainability through biotechnology. New York: Oxford University Press; 2018.

• Rigin B.V., Gaevskaya E.L. (eds). Identified plant genepool and breeding. St. Petersburg: VIR; 2005. [in Russian] (Идентифицированный генофонд растений и селекция / отв. ред. Б.В. Ригин, Е.И. Гаевская. Санкт-Петербург: ВИР; 2005).

10. The reference to a book includes both authors and editors:

• Kobylansky V.D., Korzun A.E., Katerova A.G., Lapikov N.S., Solodukhina O.V. Flora of cultivated plants. Vol. 2 (Pt 1). Rye. V.D. Kobylansky (ed.). Leningrad; 1989. [in Russian] (Кобылянский В.Д., Корзун А.Е., Катерова А.Г., Лапиков Н.С., Солодухина О.В. Культурная флора СССР. Т. 2, ч. 1. Рожь / под ред. В.Д. Кобылянского. Ленинград; 1989).

• Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Buravtseva T.V., Burlaeva M.O., Semenova E.V., Filipenko G.I., Aleksandrova T.G., Egorova G.P., Yankov I.I., Bulynstev S.V., Gerasimova T.V., Drugova E.V. VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying: (methodological guidelines). 2nd ed. M.A. Vishnyakova (ed.). St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Янков И.И., Булынтцев С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: (методические указания). 2-е изд. / под ред. М.А. Вишняковой. Санкт-Петербург: ВИР; 2018). DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5

11. The author of a book is a corporate entity:

• FAO Committee on Commodity Problems. Statistics on abaca, 1979-1984. 1984.

12. Chapter in a book:

• Jones W.P., Kinghorn A.D. Extraction of plant secondary metabolites. In: S.D. Sarker, Z. Latif, A.I. Gray (eds). *Natural products isolation*. 2nd ed. Springer; 2005: p.341.

• Konarev V.G., Gavrilyuk I.P. Serological specificity of pea proteins and its use in systematics (Serologicheskaya spetsifichnost belkov gorokha i yeyo ispolzovaniye v sistematike). In: Makasheva R.Kh. *Flora of cultivated plants. Vol. 4 (Pt 1) Grain legumes. Pea*. Leningrad; 1979. p.188-172. [in Russian] (Конарев В.Г., Гаврилюк И.П. Серологическая специфичность белков гороха и ее использование в систематике. В кн.: Макашева Р.Х. Культурная флора СССР. Т. 4, ч. 1. Зерновые бобовые культуры. Горох. Ленинград; 1979. С.188-172).

• Suzuki G., Akyol T.Y., Sato S. Structural and Functional Genomic Resources Developed. In: M. Shigyo, A. Khar, M. Abdelrahman (eds). *The Allium Genomes*. Cham (Switzerland): Springer International Publishing AG; 2018. p.161-172. DOI: 10.1007/978-3-319-95825-5_11

13. Conference proceedings:

• Street K., Mackay M., Zuev E., Kaul N., El Bouhssini M., Konopka J. et al. Diving into the genepool: a rational system to access specific traits from large germplasm collections. In: R. Appels, R. Eastwood, E. Lagudah, P. Langridge, M. Mackay, L. McIntyre et al. (eds). *Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium*; 2008 August 24-29; Brisbane, QLD, Australia.

Sydney: Sydney University Press; 2008. p.28-31. Available from: <https://books.google.ru/books?id=Nt99CyZWJYwC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false> [accessed Jun 24, 2019].

14. Scientific or technical report (the organization that implemented the research must be mentioned):

- Botanical Garden Department. Report on the expedition of 2011 – Northern Caucasus (Otdel botanichesky sad. Otchet po ekspeditsii 2011 god – Severnyy Kavkaz). Komarov Botanical Institute. Report number: n/a; 2011. [in Russian] (Отдел ботанический сад. Отчет по экспедиции 2011 год – Северный Кавказ. БИН им. В.Л. Комарова. Номер отчета: б/н; 2011). URL: <https://www.binran.ru/science/ekspeditsii/otdel-botanicheskiy-sad-otchet-po-ekspeditsii-2011-god-severnuy-kavkaz-2011/> [дата обращения: 24.06.2019].

- Jang W., Eskelson B.N.I., de Montigny L. *Tree damage after fertilization of thinned lodgepole pine, Douglas-fir, and spruce stands in the British Columbia interior: synthesis report on up to 18-year responses from EP886*. British Columbia Government. Tech. Report number: 120; 2019. Available from: www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr120.htm [accessed Jun 23, 2019].

15. Dissertations:

- Bailey C.D. Systematics of Sphaerocardamum (Brassicaceae) and Related Genera [dissertation]. Ithaca: Cornell University; 2001.

- Porokhovina E.A. Building up and studying the genetic collection of flax: *Linum usitatissimum* L. (Sozdaniye i izucheniye geneticheskoy kolleksii lina: *Linum usitatissimum* L.) [dissertation]. St. Petersburg: VIR; 2002. [in Russian] (Пороховина Е.А. Создание и изучение генетической коллекции льна: *Linum usitatissimum* L.: дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург: ВИР; 2002.

16. Patents:

- Bulyntsev S.V., Valyanikova T.I., Vinogradov Z.S., Dzyubenko N.I., Dzyubenko E.A. Guar (*Cyamopsis tetragonolobus* (L.) Taub.). Variety Vavilovsky 130 (Guar (*Cyamopsis tetragonolobus* (L.) Taub.). Sort Vavilovskiy 130). Russian Federation; breeding achievement patent number: 9552; 2018. [in Russian] (Булыntsev С.В., Вальяникова Т.И., Виноградов З.С., Дзюбенко Н.И., Дзюбенко Е.А. Гуар (*Cyamopsis tetragonolobus* (L.) Taub.). Сорт Вавиловский 130. Российская Федерация; патент на селекционное достижение № 9552; 2018).

- Landini L., Chielini E. Water soluble and biodegradable self airproof tight closing bag. Italy; patent number: CN101045489; 2007.

- Titarenko L.P., Titarenko A.V. Method for selecting gramineous crop plants (Sposob selektsii rasteniy zlakovykh kultur). Russian Federation; patent number: 2125365; 1999. [in Russian] (Титаренко Л.П., Титаренко А.В. Способ селекции растений злаковых культур. Российская Федерация; патент № 2125365; 1999).

Other publications

17. Maps with an example of a Russian source:

- British Geological Survey. South London, 270. 1:50 000. London: BGS; 1998.
- Ogureeva G.N. (ed.). Zones and types of zonality for vegetation of Russia and adjacent territories (Zony i tipy poynosti rastitelnosti Rossii i sopredelnykh territoriy). 1 : 8 000 000. Moscow: Ekor; 1999. [in Russian] (Зоны и типы пояности растительности России и сопредельных территорий / под ред. Г.Н. Огуревой 1 : 8 000 000. Москва: ЭКОР; 1999).

18. Pre-print materials yet unpublished:

- Zavarzina A.G., Nikolaeva T.N., Demin V.V., Lapshin H.V., Makarov M.I., Zavarzin A.A. et al. Water-soluble phenolic metabolites in lichens and their potential role in soil organic matter formation at the pre-vascular stage. *European Journal of Soil Science*. [preprint] 2019. DOI: 10.1111/ejss.12822

- Ivanova K.A., Komyshev E.G., Genayev M.A., Egorova A.A., Koloshina K.A., Chalaya N.A. et al. Image-based analysis of quantitative morphological characteristics of wild potato tubers using the desktop application SeedCounter. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. [preprint] 2019. [in Russian] (Иванова К.А., Комышев Е.Г., Генаев М.А., Егорова А.А., Колошина К.А., Чалая Н.А. и др. Оценка количественных характеристик клубнеобразования дикого картофеля на основе анализа изображений клубней с использованием компьютерного приложения SeedCounter. Вавиловский журнал генетики и селекции. [в печати] 2019. DOI: 10.18699/VJ19.35-0

Electronic sources

19. Publications in online versions of journals:

- Sheshagiri R., Khadi B.M. Somatic instability for chlorophyll pigmentation in cotton (*Gossypium* spp.). *Current Science*. 1999;77(3): 443-446. Available from: <https://www.currentscience.ac.in/php/toc.php?vol=077&issue=03> [accessed June 22, 2019].

- Cherezov S.N., Alekseeva A.V., Shikina L.V. Dynamics of main metabolic processes in potato plants ontogenesis. *Agricultural Biology*. Ser. Biology of plants. 2007;42(1):78-81. [in Russian] (Черезов С.Н., Алексеева А.В., Шикина Л.В. Динамика основных обменных процессов в онтогенезе растений картофеля. Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология растений. 2007;42(1):78-81). URL: <http://www.agrobiology.ru/articles/1-2007cherezov.pdf> [дата обращения: 22.06.2019].

20. Monographs published online:

- Chesnokov Yu.V., Kocherina N.V., Kosolapov V.M. Molecular markers in population genetics and breeding of cultivated plants. Moscow; 2019. [in Russian] (Чесноков Ю.В., Кочерина Н.В., Косолапов В.М. Молекулярные маркеры в популяционной генетике и селекции культурных растений. Москва; 2019). DOI: 10.33814/monography_1614

Научное издание:

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 180, ВЫПУСК 3**

Научный редактор: *Е. А. Соколова*

Корректор: *А. Г. Крылов*

Компьютерная вёрстка: А. В. Иванов

Подписано в печать . Формат бумаги 70×100 ¹/₈

Бумага офсетная. Печать офсетная

Печ. л 15. Тираж 300 экз. Зак. 2003/19

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 42, 44

ООО «Р – КОПИ»

Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6^б