ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
РАСТЕНИЙ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА (ВИР)

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, том 180

выпуск 2

(основаны Р. Э. Регелем в 1908 г.)

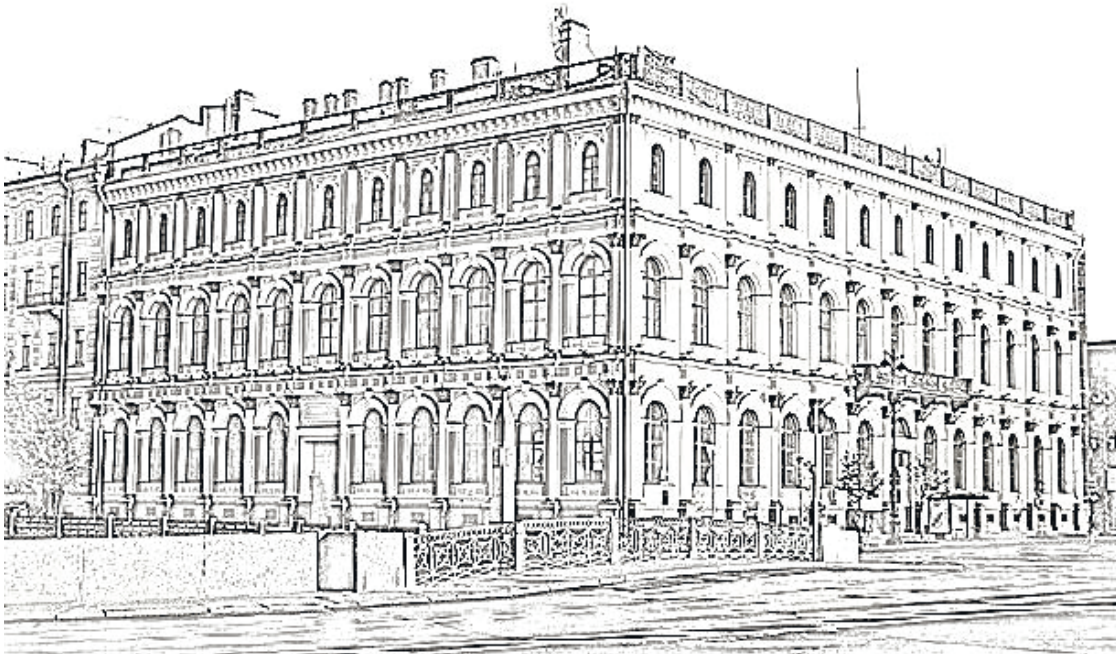
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING, vol. 180

issue 2

(founded by Robert Regel in 1908)

ST. PETERSBURG
2019



MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL RESEARCH CENTER
THE N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES (VIR)

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING

volume 180
issue 2

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

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

ST. PETERSBURG

2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
РАСТЕНИЙ ИМЕНИ Н. И. ВАВИЛОВА (ВИР)

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ

том 180
выпуск 2

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. Потокина, М. А. Пынтя, Е. Е. Радченко, И. Д. Рашаль, А. В. Родионов, М. М. Силантьева, Т. Н. Смекалова, О. В. Солодухина, И. А. Тихонович, Е. К. 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

УДК 58:631.52:633/635(066)

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 180, вып. 2. СПб., 2019. 133 с.

Описан опыт хранения генофонда косточковых культур по технологии «бордюр» и бесшпалерно-кустовая технология хранения сортов ежевики в коллекционных посадках Крымской ОСС ВИР. Составлен список дикорастущих родичей культурных растений (ДРКР) Магаданской области, проанализированы распространение и степени встречаемости видов, проведено их ранжирование по критериям хозяйственной ценности и экономической значимости. Исследована экологическая пластичность сливы китайской (*Prunus salicina*) в условиях Челябинской области. В качестве исходного материала для создания продвинутых специализированных сортов выделены образцы хлопчатника (*Gossypium* spp.; Адлерский р-н) и конопли (*Cannabis sativa*; Северо-Запад России) с ценным для использования составом масел. Выявлены источники высокого содержания белка фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) из мировой коллекции ВИР. Показано влияние абиотических стрессоров на накопление ассимилянтов и урожайность овощного гороха (Краснодарский край). Дана оценка самоплодности сортов смородины черной коллекции ВИР различного систематического и эколого-географического происхождения в условиях Северо-Западного региона России. В Южно-плоскостной зоне Дагестана изучено внутривидовое разнообразие ячменя и гибридов F_1, F_2, F_3 высокорослого сорта Сонет с короткостебельными формами по типу развития. В условиях Тюменской области дана оценка влияния возраста травостоя на урожайность зеленой массы костреца безостого (*Bromopsis inermis*). Рассмотрены: новый среднеспелый сорт ярового ячменя (Омский АНЦ), а также новые перспективные сорта, гибриды и линии тыквы и арбуза, созданные на базе коллекции ВИР (Кубанская ОС ВИР). Проанализирована микроструктура поверхностных тканей листьев и плодов Maloideae (Rosaceae) и ее роль в формировании устойчивости к грибным болезням у яблони, груши, айвы и мушмулы. Проведен скрининг коллекции огурца ВИР по устойчивости к ложной мучнистой росе для 2873 образцов в зоне Нижнего Поволжья. Обсуждается видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и их роль в отечественной селекции. Приведена история мобилизации генетических ресурсов растений с территории Индонезии, Шри-Ланка и Непала в ВИР.

Табл. 27, Рис. 42, Библиогр. 330 назв.

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

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. Vol. 180, iss.2. SPb., 2019. 133 p.

The experience in preserving the genetic diversity of stone fruits using the border hedging technology and the support-free technology for maintaining shrubs of blackberry and dewberry varieties in the collection orchards of Krymsk Experiment Breeding Station of VIR are described. A list of crop wild relatives (CWR) in Magadan Province is presented; the distribution and occurrence rates of these species are analyzed, and their ranking according to the criteria of agricultural value and economic significance has been made. Environmental plasticity of various Chinese plum (*Prunus salicina*) cultivars has been studied for the conditions of Chelyabinsk Province. Accessions of cotton (*Gossypium* spp.; Adler District) and hemp (*Cannabis sativa*; Russian Northwest) with a valuable composition of oils have been identified as promising source materials for the development of advanced specialized cultivars. Sources of high protein content in common bean (*Phaseolus vulgaris*) have been selected from the VIR global collection. The effect of abiotic stressors on the accumulation of assimilates and the yield is shown for vegetable pea (Krasnodar Territory). Self-fertility in black currant cultivars of diverse taxonomic and ecogeographic origin from the VIR collection has been evaluated for the environments of the Russian Northwest. The intraspecific barley diversity and F_1, F_2 and F_3 hybrids between the long-stemmed cultivar Sonet and short-stemmed forms have been studied in the southern planar area of Dagestan in the context of plant growth types. The effect of the age of smooth brome (*Bromopsis inermis*) stands on their herbage yield has been assessed in Tyumen Province. The new mid-season cultivar of spring barley (Omsk Agrarian Scientific Center) and new promising cultivars, hybrids and lines of pumpkin and watermelon developed using the VIR collection (Kuban Experiment Station of VIR) are introduced. The microstructure of leaf and fruit surface tissues is analyzed for the Maloideae (Rosaceae) family, and its role in forming resistance to fungal diseases is considered for apple-tree, pear-tree, quince and medlar. Screening of 2873 cucumber accessions from the VIR collection for resistance to downy mildew has been conducted in the Lower Volga environments. Species diversity of grain legume genetic resources from the VIR collection and its use in domestic breeding are discussed. The history of plant genetic resources mobilization from the territories of Indonesia, Sri Lanka and Nepal to replenish the VIR collection is related.

Tabl. 27, Fig. 42, Ref. 330.

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

ISSN 2227-8834
ПИ № ФС77-57455

CONTENTS

Mobilization and conservation of the genetic diversity of cultivated plants and their wild relatives

7 ..... **Eremin G. V., Gasanova T. A., Eremin V. G., Chepinoga I. S.**
Experience in preserving the genetic diversity of stone fruits using the border hedging technology.

12 ..... **Podorozhnyi V. N.**
Support-free technology for maintaining shrubs of blackberry and dewberry varieties in the collection orchards of Krymsk Experiment Breeding Station of VIR.

18 ..... **Talovina G. V., Aistova E. V.**
Crop wild relatives in Magadan Province of Russia: inventorying and conservation.

Studying and utilization of plant genetic resources

25 ..... **Vasiliev A. A., Gasymov F. M.**
Environmental plasticity of various plum cultivars under the conditions of Chelyabinsk Province.

30 ..... **Feoktistova N. A.**
The effect of the age of smooth brome (*Bromopsis inermis*) stands on their herbage yield in Tyumen Province.

Collections of the world's crop genetic resources for the development of priority plant breeding trends.

38 ..... **Grigoryev S. V., Shelenga T. V., Illarionova K. V.**
Hempseed and cottonseed oils in the accessions from the VIR collection as sources of functional food ingredients.

44 ..... **Egorova G. P. Perchuk I. N., Solovyeva A. E., Buravtseva T. V.**
Sources of high protein content in common bean seeds (*Phaseolus vulgaris*) from the VIR collection.

51 ..... **Putina O. V., Besedin A. G.**
Abiotic stressors and their effect on the accumulation of assimilates by plants and the yield of vegetable pea.

60 ..... **Tikhonova O. A.**
Evaluation of self-fertility in black currant cultivars in the Northwest of Russia.

Genetics of cultivated plants and their wild relatives

73 ..... **Batasheva B. A., Ibisheva V. I., Abdullaev R A., Kovaleva O. N., Zveinek I. A., Radchenko E. E.**
Semi-dwarf productive barley lines.

Progress in domestic plant breeding at the present stage

77 ..... **Elatskova A. G.**
Diversity of the pumpkin collection and its hereditary potential. Results and prospects of breeding practice.

83 ..... **Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V., Ryapolova J. V.**
New mid-season spring barley cultivar Omsky 101.

89 ..... **Tekhanovich G. A., Elatskova A. G., Elatskov Yu. A.**
Genetic sources for breeding bushy and short-vine watermelon cultivars.

Systematics, phylogeny and geography of cultivated plants and their wild relatives

95 ..... **Kumachova T. Kh., Beloshapkina O. O., Voronkov A. S., Ryabchenko A. S.**
Morphofunctional characteristics of leaves and fruits in Maloideae (**Rosaceae**):
b. The role of surface tissues in the formation of resistance to fungal diseases.

Immunity of cultivated plants and their wild relatives

102 ..... **Sukhanberdina E. H., Grushin A. A., Piskunova T. M.**
Screening of the cucumber collection for resistance to downy mildew in the Lower Volga region.

Surveys

109 ..... **Vishnyakova M. A., Aleksandrova T. G., Buravtseva T. V., Burlyaeva M. O., Egorova G. P., Semenova E. V., Seferova I. V., Suvorova G. N.**
Species diversity of the VIR collection of grain legume genetic resources and its use in domestic breeding.

History of agrobiological research and VIR. Names of renown

124 ..... **Loskutova N. P., Ozerskaya T. M.**
Mobilization of plant genetic resources from the territories of Indonesia, Sri Lanka (Ceylon) and Nepal.

СОДЕРЖАНИЕ

Мобилизация и сохранение генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей

7 **Еремин Г. В., Гасанова Т. А., Еремин В. Г., Чепинога И. С.**
Опыт хранения генофонда косточковых культур по технологии «бордюр».

12 **Подорожный В. Н.**
Бесшпалерно-кустовая технология хранения сортов ежевики – росяники плетевидной в коллекционных посадках Крымской ОСС филиала ВИР.

18 **Таловина Г. В., Аистова Е. В.**
Дикие родичи культурных растений Магаданской области: инвентаризация и сохранение.

Изучение и использование генетических ресурсов растений

25 **Васильев А. А., Гасымов Ф. М.**
Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области.

30 **Феоктистова Н. А.**
Влияние возраста травостоя на урожайность зеленой массы костреца безостого (*Bromopsis inermis*) в Тюменской области.

Коллекции мировых генетических ресурсов культурных растений для развития приоритетных направлений селекции.

38 **Григорьев С. В., Шеленга Т. В., Илларионова К. В.**
Масла конопли и хлопчатника образцов коллекции ВИР как источник функциональных пищевых ингредиентов.

44 **Егорова Г. П., Перчук И. Н., Соловьева А. Е., Буравцева Т. В.**
Источники высокого содержания белка семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) из мировой коллекции ВИР.

51 **Путина О. В., Беседин А. Г.**
Абиотические стресс-факторы и их влияние на накопление ассимилятов растениями и урожайность овощного гороха.

60 **Тихонова О. А.**
Оценка самоплодности сортов черной смородины в условиях Северо-Запада России.

Генетика культурных растений и их диких родичей

73 **Баташева Б. А., Ибишева В. И., Абдуллаев Р. А., Ковалева О. Н., Звейнек И. А., Радченко Е. Е.**
Короткостебельные продуктивные линии ячменя культурного

Успехи отечественной селекции на современном этап

77 **Елацкова А. Г.**
Разнообразие коллекции тыквы и ее наследственный потенциал. Результаты и перспективы селекции.

83 **Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В., Ряполова Я. В.**
Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101.

89 **Теханович Г. А., Елацкова А. Г., Елацков Ю. А.**
Генетические источники для селекции кустовых и короткоплетистых сортов арбуза.

Систематика, филогения и география культурных растений и их диких родичей

95 **Кумахова Т. Х., Белошапкина О. О., Воронков А. С., Рябченко А. С.**
Морфофункциональная характеристика листьев и плодов Maloideae (Rosaceae):
6. Роль поверхностных тканей в формировании устойчивости к грибным болезням.

Иммунитет культурных растений и их диких родичей

102 **Суханбердина Э. Х., Грушин А. А., Пискунова Т. М.**
Скрининг коллекции огурца по устойчивости к ложной мучнистой росе в зоне Нижнего Поволжья

Обзоры

109 **Вишнякова М. А., Александрова Т. Г., Буравцева Т. В., Бурляева М. О., Егорова Г. П., Семенова Е. В., Сеферова И. В., Суворова Г. Н.**
Видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и его использование в отечественной селекции (обзор).

История агробиологических исследований и ВИР. Славные имена

124 **Лоскутова Н. П., Озерская Т. М.**
Мобилизация генетических ресурсов растений с территории Индонезии, Шри-Ланка (Цейлон) и Непала.

ОПЫТ ХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР ПО ТЕХНОЛОГИИ «БОРДЮР»

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-7-11
УДК 634.2:631.526.1/.4:631.17
Поступление/Received: 20.03.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Г. В. ЕРЕМИН, Т. А. ГАСАНОВА, В. Г. ЕРЕМИН, И. С. ЧЕПИНОГА

Крымская опытно-селекционная станция ВИР, филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 353384 Россия, Краснодарский край, г. Крымск, ул. Вавилова, 12;
kross67@mail.ru

EXPERIENCE IN PRESERVING THE GENETIC DIVERSITY OF STONE FRUITS USING THE BORDER HEDGING TECHNOLOGY

G. V. EREMIN, T. A. GASANOVA, V. G. EREMIN, I. S. CHEPINOGA

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

Сохранение мировых генетических ресурсов растений – одна из наиболее значимых и актуальных проблем человечества. На Крымской опытно-селекционной станции (Крымская ОСС ВИР) – филиале Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), где собран крупнейший в России генофонд косточковых плодовых культур (более 5 тысяч генотипов: сорто- и видообразцов, дикорастущих форм, отдаленных гибридов и полиплоидов) – разработана и успешно используется технология хранения типа «бордюр», дающая возможность достаточно экономично (как в плане сокращения площадей, упрощения системы приемов ухода за садом хранения, так и в аспекте использования химических средств защиты) сохранять в живом виде *ex situ* большое количество коллекционных образцов. В основу технологии «бордюр» положена система черенкового маточника, позволяющая выращивать растения дольше, чем в обычных садах, постоянно поддерживая их в состоянии активного роста. Базовыми элементами технологии являются: загущенное расположение растений (для сильнорослых – 4,0–5,0 м между рядами и 1,0–1,5 м в ряду; для слаборослых – 2,5 м между рядами и 0,5–1,0 м в ряду) и ежегодная обрезка прироста на высоте 1,0–1,2 м. Многолетний опыт работы с культивированием коллекционных садов по загущенной схеме позволил выявить в данной системе ряд наиболее значимых факторов, составляющих научную основу технологии для оптимально эффективного сохранения генотипов и их генетического соответствия (репрезентативности). К их числу относятся биологические особенности произрастания объектов *in situ*, в т.ч. сила роста, подбор подвоя или решение о корнесобственной системе культивирования, схемы размещения на участке, системы ухода. В случае необходимости проведения в саду хранения исследований по первичной оценке образцов (апробация, морфологическое описание, изучение структуры урожая, биохимическая, биотехнологическая оценка, устойчивость к биотическим и абиотическим стресс-факторам) растения 1–2 года рекомендуется не обрезать. По окончании этих работ деревья вновь срезают на обратный рост.

Ключевые слова: генетические ресурсы, генофонд, проблемы сохранения, биологические особенности, обрезка, формировка, схемы размещения.

Conservation of the world's plant genetic resources is one of the most significant and relevant problems of mankind. At Krymsk Experimental Breeding Station of VIR, where the largest stone fruit plant genetic diversity in Russia is assembled (more than 5 thousand genotypes: cultivars and species, wild forms, distant hybrids and polyploids), a collection maintenance technology of 'border hedging' has been developed and successfully used. This method makes it quite economical (in terms of space reduction, simplification of the system of care for the storage garden, and decreasing the use of chemical protection agents) to maintain a large number of live accessions *ex situ*. The border hedging technology is based on a propagule nursery system that enables plants to grow longer than in conventional gardens, constantly keeping them in a state of active growth. The basic elements of this technology are dense arrangement of plants (intervals for high-growing plants: 4.0–5.0 m between rows, and 1.0–1.5 m in a row; for low-growing ones: 2.5 m between rows, and 0.5–1.0 m in a row) and annual pruning of shoots at a height of 1.0–1.2 m. Years of experience in using a denser planting pattern for collection garden maintenance helped to identify a number of most significant factors in this system, which make up the scientific basis of the technology for optimally efficient preservation of genotypes and their genetic compliance (representativeness). Among them are biological features of the *in situ* plant growth habit, including vigor, selection of rootstock or decision on own-root cultivation, layout of the plot, and maintenance system. If it is necessary to study the accessions in the garden where they are preserved in order to make their initial evaluation (approbation, morphological description, study of crop structure, biochemical or biotechnological assessment, analysis of resistance to biotic and abiotic stressors), the plants should not be pruned for 1–2 years. Upon completion of these works, the trees are coppiced again.

Key words: genetic resources, gene pool, problems of conservation, biological features, pruning, forming, layout schemes.

Генетические ресурсы культурных растений и их дикорастущих сородичей являются одним из базовых компонентов, определяющих продовольственную и экологическую безопасность каждого суверенного государства. В связи с этим на современном этапе проблемы сохранения и рационального использования растительных ресурсов являются актуальными.

Одна из основных задач ВИР – развитие стратегии сохранения интродуцированных генотипов (Yushev et al., 2016). Эта задача включает совершенствование подходов к сохранению генетического разнообразия и оптимизацию различных методов сохранения (*in situ*, *ex situ*, криоконсервации, сохранения *in vitro*).

Крымская опытно-селекционная станция (ОСС) – структурное подразделение ВИР и является хранителем крупнейшей в России коллекции косточковых плодовых культур, насчитывающей свыше 5 тысяч образцов – представителей 53 видов, собранных повсеместно, в том числе в их естественных ареалах на территории бывшего Советского Союза. Для такого объема единственно приемлемым способом является сохранение генотипов в живом виде *ex situ*, означающее сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания.

Одним из таких способов является разработанная и используемая на Крымской ОСС технология культивирования растений под названием «бордюр» (Eremin et al., 2007). Базовыми элементами технологии являются: загущенное расположение растений и ежегодная обрезка прироста (рис. 1, 2).



Рис. 1. Деревья сливы русской (*Prunus* × *rossica* Erem.) в саду хранения до обрезки

Fig. 1. Russian plum (*Prunus* × *rossica* Erem.) trees in the conservation garden before pruning



Рис. 2. Деревья сливы русской (*Prunus* × *rossica* Erem.) в саду хранения после обрезки

Fig. 2. Russian plum (*Prunus* × *rossica* Erem.) trees in the conservation garden after pruning

Основная цель данного сообщения – обобщить многолетний опыт сохранения генетического разнообразия видов, сортов, полиплоидов, отдаленных гибридов и дикорастущих форм *ex situ* по технологии «бордюр» в рамках разработки концепции и принципов сохранения генофонда плодовых культур.

Главными требованиями на всех этапах этой работы являются обеспечение целостности всех форм и гарантирование генетической репрезентативности, т. е. генетического соответствия, что достигается проведением апробации и, если возможно, молекулярно-генетическими исследованиями.

Как показали наблюдения, в работе по хранению генетических ресурсов по технологии «бордюр» следует выделить ряд наиболее значимых ключевых факторов. Прежде всего, успех применения описываемого способа хранения плодовых косточковых растений может быть достигнут лишь с учетом биологических особенностей генотипов различных культур (Eremin, Gasanova, 2009). При подборе участка следует учитывать условия произрастания растений в естественных ареалах и микрозональность новых кварталов. При закладке коллекционного участка необходимо обращать внимание на силу роста растений сохраняемых генотипов, что зависит как от самого генотипа-привоя, так и от силы роста подвоя. Сильнорослые сорта, привитые на сильнорослые подвои, желательно высаживать на расстояниях не гуще 4–5 м в междурядьях и 1–1,5 м в ряду. Более слаборослые виды и сорта кустарникового типа – виды микровишня седая, м. войлочная, м. низкая (бессея), м. железистая, миндаль низкий (бобовник), луизеания вязолистная, л. черешчатая и л. трехлопастная, сорта и гибриды, выделенные с участием этих видов, а также «генетические карлики» персика, сливы домашней и сливы китайской – можно размещать по схеме 2,5 между рядами и 0,5 × 1,0 м между растениями в ряду. Поскольку слаборослые деревья менее долговечны, требуются более частые переносы их на новые площади, а также возникает необходимость в поливе при засухе менее засухоустойчивых генотипов, особенно привитых на подвоях – ВВА 1, Спикер, а также микровишни войлочной.

Сорта сильнорослых плодовых растений, привитые на слаборослые подвои – ВВА 1, ВСВ 1, Упрямец, Бест, ВСЛ 1, ВСЛ 2 и ряд других – можно также выращивать по схеме 2,5 × 0,5–1,0 м. При этом первая скелетная ветвь закладывается на высоте 30–50 см, а крона формируется по типу «кустовидной» или других малогабаритных систем: «шпиндельбуш», «гибкое веретено», «вольная татура». Плоскость среза ветвей ежегодно не должна превышать 1,0–1,2 м с тем, чтобы было удобно проводить ручные работы по уходу за кроной, удаление или сбор плодов, а также заготовку черенков, если это требуется.

При выращивании саженцев коллекционных образцов на различных подвоях необходимо учитывать их совместимость с прививаемыми сортами, поскольку нередко именно несовместимость привоя с подвоем приводит к гибели деревьев (рис. 3).



Рис. 3. Проявление несовместимости при прививке абрикоса на клоновый подвой ВСВ 1

Fig. 3. Manifestation of incompatibility when apricot is grafted upon the clone rootstock BCB 1

Так, даже при прививке сортов одной культуры на один и тот же подвой встречаются случаи несовместимости с ним. Например, отломы в месте прививки отмечаются в сорто-подвойных комбинациях сорта сливы домашней ‘Кабардинская Ранняя’ и происходящих от него сортов, в частности районированных сортов ‘Баллада’ и ‘Синяя Птица’, на подвое Кубань 86 (АП-1). Прививать образцы коллекции необходимо на подвои, заведомо совместимые с этими сортами или выбирать корнесобственные растения.

При использовании в садах хранения различных подвоев должна учитываться сила роста и привоя, и подвоя. В частности, сильнорослые сорта на таких же подвоях требуют более разреженных схем посадок. Не следует также забывать о наличии или отсутствии малогабаритной техники для ухода за насаждениями.

На Крымской ОСС для сильнорослых садов хранения используется схема 4,0 × 5,0 м между рядами и 1,0 × 1,5 м между деревьями в ряду. По такой схеме созданы конструкции участков хранения сливы, абрикоса, персика, миндаля на клоновых подвоях: Кубань 86, Эврика 99, Дружба, Весеннее Пламя.

Недостатками этого варианта коллекционных посадок является необходимость увеличения площади под садом, а также применение более сильной обрезки при снижении высоты кроны.

Для некоторых косточковых культур представляет интерес задействование для размещения растений в саду хранения корнесобственных экземпляров – порослевых, выращенных путем черенкования или в культуре *in vitro* из меристем. По силе роста большинство корнесобственных растений сортов сливы ‘Ренклод Зеленый’, ‘Кубанская Легенда’, ‘Баллада’ ближе к растениям, привитым на сильнорослые подвои (Eremin et al., 2000).

Порослевые растения видов микровишни, миндаля низкого, видов луизеании ближе к привитым на слаборослые подвои.

Корнесобственные растения склонны образовывать корневую поросль. Удаление ее требует дополнительных затрат, но при повреждении или гибели пораженной части дерева поросль используют для восстановления кроны, сохраняя сортовую идентичность растений. При этом особенно важно проводить апробацию порослевых побегов, чтобы избежать формирования деревьев, которые являются случайной примесью.

До последнего времени на Крымской ОСС в описываемые сады высаживали каждого образца по 4 растения на 3 места, используя четвертое растение как резерв для ремонта в случае выпада одного из основных растений. Однако учитывая сильную поражаемость некоторых представителей отдельных видов косточковых растений вертицилезом, цитоспорозом, бактериозом и другими болезнями, нередко приводящую к усыханию одного-двух, а то и трех деревьев, здесь перешли на закладку участка хранения коллекции из расчета по 5 мест для каждого образца коллекции. После приобретения малогабаритной техники планируется для сильнорослых сорто-подвойных комбинаций перейти со схемы 5,0 × 1,0 м на схему 3,5 × 1,0 м, а для слаборослых сортов и подвоев – на схему 0,5 × 0,8 м.

Как уже отмечалось ранее (Eremin et al., 2007), в дальнейшем уход за садом хранения по технологии «бордюр» существенно не отличается от общепринятой агротехники молодого сада косточковых культур. В первые два года формируется скелет кроны. Нами принята или кустовидная формировка, или формировка по типу «живая изгородь» («плодовая стена»). Высоту штамба оставляют 30–50 см с тем, чтобы можно было использовать для борьбы с сорняками механизированные опрыскивания приствольных полос гербицидами. В дальнейшем с помощью обрезки формируется плоский горизонтальный срез на уровне 90–120 см от земли с повышением его на 5–10 см ежегодно и периодическим срезом ниже начального уровня закладки плоского среза для образования побегов, пригодных для механизированного среза, проводимого тракторным обрезчиком.

Возраст насаждений сада хранения бывает различным в зависимости от устойчивости деревьев, в первую очередь, к болезням, снижения интенсивности годичного прироста и, как следствие, снижения жизнеспособности деревьев, ослабления устойчивости к морозам и засухе, явления изреженности насаждений, проявление разделения деревьев по силе роста и т. д. Наши опыты показали, что привитые на клоновые подвои растения в загущенных

посадках мало отличаются по долговечности от привитых на семенные подвои с использованием общепринятых технологий культивирования. Насаждения, возделываемые по технологии «бордюр», на сильнорослых и среднерослых подвоях и корнесобственные (для сильнорослых сортов косточковых культур – черешни, сливы [слива домашняя, терн, алыча, слива китайская, слива русская], абрикоса) с успехом могут, при хорошем уходе, вполне комфортно себя чувствовать. На слаборослых подвоях и у кустовидных культур (вишня степная, микровишня войлочная и м. низкая и др.) растения стареют раньше: в возрасте 15–20 лет.

В случае необходимости получения дополнительного материала ценных генотипов или использования их в гибридизации на Крымской ОСС в садах хранения деревья в фазе плодоношения не обрезают на «обратный рост» 1–2 года. В этот период проводят исследования, связанные с плодоношением, гибридизацией, испытанием свежих плодов и их консервированием, опыты по борьбе с вредителями и болезнями и т. д. (рис. 4). После выполнения этих работ растения вновь обрезают на «обратный рост». Деревья после омолаживающей обрезки быстро восстанавливаются и становятся неотличимы от растений, не подвергавшимся таким операциям.



Рис. 4. Плодоношение коллекционных образцов сливы русской (*Prunus* × *rossica* Erem.) в необрезанном саду хранения

Fig. 4. Fruiting of Russian plum (*Prunus* × *rossica* Erem.) trees from the collection in the unpruned conservation garden

Коллекционные посадки с применением технологии «бордюр» представляют интерес и во взрослом состоянии, но с формировкой кроны по типу интенсивного сада – либо «вольная татура», «плодовая стена», «кустовидная». Предпочтение мы отдаем последней. По этой системе формировки возделывание насаждений ведется в течение первых 5–7 лет до получения 3–4-х урожаев. Это позволяет при первичном испытании интродуцированных сортообразцов или селекционных элит получить объективные данные, в том числе и сведения по урожайности, вполне достаточные для передачи материала в госсортоизучение или проведения производственного использования. В этом случае обязательным будет высадка одновременно с изучаемыми образцами сортов-контролей, а также прививка на наиболее скороплодные подвои, в частности, ВВА 1, Бест, ВСВ 1, Упрямец. Это значительно ускоряет процесс первичного испытания образцов косточковых культур (с 15–20 до 10 лет).

Применение приемов ухода за кронами, обработки междурядий и приштамбовой полосы в садах хранения в значительной степени упрощается, поскольку здесь не планируется получение урожая плодов. При этом исключаются все обработки ядохимикатами, направленные на борьбу с вредителями и болезнями, повреждающими плоды (плодожорки, плодовые гнили и др.). Но применение мер борьбы с патогенами, повреждающими листья и побеги, остаются. Для обработки почвы в междурядьях используют, где это возможно, задернение (можно через ряд). В приствольных полосах наилучшие результаты дает гербицидный пар.

Таким образом, накопленный многолетний опыт хранения генетического разнообразия косточковых плодовых культур по технологии «бордюр» свидетельствует о его эффективности и относительно низкой ресурсной затратности. Вычлененные в ходе проводимых работ ключевые, в плане оптимизации рассматриваемого метода, моменты могут представлять интерес для использования в работе с генофондами других многолетних вегетативно размножаемых культур.

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 ВИРизучение и рациональное использование»).

References/Литература

Eremin G. V., Gasanova T. A. The concept of development and breeding use of stone fruit plant genetic collections (Kontseptsiya sozdaniya i ispolzovaniya v selektsii geneticheskikh kollektsiy kostochkovykh plodovykh rasteniy). Krymsk: GNU KOSS GNU SKZNISiV Rosselkhozakademii; 2009. [in Russian] (Еремин Г. В., Гасанова Т. А. Концепция создания и использования в селекции генетических коллекций косточковых плодовых растений. Крымск: ГНУ КОСС ГНУ СКЗНИСиВ Россельхозакадемии; 2009).

Eremin G. V., Kovaleva V. V., Chepinoga I. S., Eremin V. G., Sedin A. A. Experience of setting up an orchard to maintain fruit plant diversity by using border planting techniques (Sozdaniye sada khraneniya genofonda plodovykh rasteniy po tekhnologii 'bordyur'). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* 2007;161:3-6. [in Russian] (Еремин Г. В., Ковалева В. В., Чепинога И. С., Еремин В. Г., Седин А. А. Создание сада хранения генофонда плодовых растений по технологии "бордюр". *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2007;161:3–6).

Eremin G. V., Provorchenko A. V., Gavrish V. F., Podorozhnyi V. N., Eremin V. G. Stone fruits. Growing on clone rootstocks and own roots (Kostochkovye kultury. Vyrashchivaniye na klonovykh podvoyakh i sobstvennykh kornyakh). Rostov-on-Don: Fenix; 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).

Yushev A. A., Sorokin A. A., Tikhonova O. A., Orlova S. Yu., Kislin E. N., Radchenko O. E., Pupkova N. A., Shlyavas A. V. Collection of genetic resources of fruit and berry plants: conservation, replenishment and study: Guidelines (Kollektsiya geneticheskikh resursov plodovykh i yagodnykh rasteniy: Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 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. СПб.: 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., Гасанова Т.А., Еремин В.Г., Чепинога И.С. Опыт хранения генофонда косточковых культур по технологии «Бордюр». 2019;180(2):7-11. DOI 10.30901/2227-8834-2019-2-7-11

Eremin G.V., Gasanova T.A., Eremin V.G., Chepinoga I.S. Experience in preserving the genetic diversity of stone fruits using the border hedging technology. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):7-12. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-7-11

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-7-11

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

БЕСШПАЛЕРНО-КУСТОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ СОРТОВ ЕЖЕВИКИ – РОСЯНИКИ ПЛЕТЕВИДНОЙ В КОЛЛЕКЦИОННЫХ ПОСАДКАХ КРЫМСКОЙ ОСС ФИЛИАЛА ВИР

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-12-17
УДК 634.717:631.526.1/4
Поступление/Received: 22.01.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

В. Н. ПОДОРОЖНЫЙ

*Крымская опытно-селекционная станция ВИР,
филиал Всероссийского института генетических
ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР),
353384 Россия, Краснодарский край,
г. Крымск, ул. Вавилова, 12;*
kross67@mail.ru

SUPPORT-FREE TECHNOLOGY FOR MAINTAINING SHRUBS OF BLACKBERRY AND DEWBERRY VARIETIES IN THE COLLECTION ORCHARDS OF KRYMSK EXPERIMENT BREEDING STATION OF VIR

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

На Крымской опытно-селекционной станции – филиале ВИР разработан алгоритм построения работы с уже имеющимися и планируемыми к созданию коллекциями ягодных культур, который включает в систему как практическую, так и теоретическую работу, направленную в конечном итоге на совершенствование сортов. В результате проведенных исследований по оптимизации хранения образцов ежевики в коллекционных насаждениях генетических ресурсов ВИР разработана бесшпалерно-кустовая технология содержания растений росяники. Предложено высаживать их в ряды, заранее замульчированные черной полимерной пленкой, устойчивой к фоторазрушению и высокой солнечной инсоляции, шириной один метр, с уложенной под ней трубкой для капельного полива и фертигации с расположением капельниц через 1,1 метра. Края полимерной плен-ки предлагается закреплять в почве металлическими шпильками или присыпать землей во избежание нарушения целостности мульчирующего покрытия. Саженцы следует высаживать в загущенную по сравнению с традиционным (на шпалере) способом посадки в заранее приготовленные в мульчирующей пленке отверстия диаметром до 10 см на расстоянии 1,1 м в ряду, из расчета расположения капельницы над корневой системой. Ширина междурядья – 1,0–1,1 м. В предлагаемом способе вновь отрастающие побеги обрезаются в течение вегетационного периода на высоте 80–90 см. В результате этой операции плодовые почки на будущий год закладываются на этих укороченных побегах и побегах второго порядка, образующихся из них, которые также по мере отрастания обрезаются или прищипываются на высоте 30–40 см. После окончания плодоношения такие побеги удаляются, а вновь отрастающие у основания куста укорачиваются вышеуказанным способом. Проведенные испытания разработанной технологии хранения образцов росяники *in vivo* на Крымской ОСС ВИР показали высокую ее эффективность в сравнении с контрольным способом хранения растений при выращивании в традиционной посадке на шпалере. При использовании в качестве мульчирующего материала на плантации черной полимерной пленки отпадает необходимость применения гербицидов, для уничтожения сороной растительности, что снижает химический прессинг на окружающую среду и способствует экологизации агроценоза.

Ключевые слова: ежевика садовая, росяника, куманика, сорт, образец, коллекционные насаждения.

An algorithm has been developed at Krymsk Experiment Station of VIR to build up and maintain the work with the existing and future collections of berry crops. It incorporates both practical and theoretical activities into the management system, whose ultimate goal is the improvement of cultivars. The studies to optimize the maintenance of blackberry and dewberry collection orchards of VIR resulted in the development of a support-free cultivation technique for trailing blackberry (northern dewberry) accessions. It was proposed to plant them in rows, earlier mulched with a black polymer film resistant to photodecomposition and high solar radiation, one-meter wide, with a pipe buried underneath it for drip irrigation and fertigation through drippers arranged at intervals of 1.1 m. The edges of the polymer film are proposed to be pinned to the ground with metal studs or sprinkled with earth to avoid disturbances of the mulch integrity. The planting pattern for seedlings needs to be denser than the conventional one (with trellises) and is prearranged by digging holes in the mulching film, up to 10 cm in diameter, at intervals of 1.1 m in a row, so that a dripper is placed above the root system. The space between rows is 1.0–1.1 m. In the proposed method, regrown shoots are pruned during the growing season at a height of 80–90 cm. This operation enables fruit buds to develop next year on these shortened shoots and second-order shoots formed upon them, which will also be pruned or nipped at a height of 30–40 cm. After the end of fruiting, such shoots are removed, and those regrown at the base of the shrub are shortened in the same manner as above. This *in vivo* maintenance technology for trailing blackberry or dewberry accessions preserved at Krymsk Station of VIR was duly tested, and the trials showed its higher efficiency compared with the reference technique involving trellising of preserved plants. When a black polymer film is used at a plantation for mulching, there is no need for herbicides against weeds, which alleviates the pressure of chemicals on the environment and contributes to the greening of an agrocenosis.

Key words: blackberries, trailing blackberry, European blackberry, variety, accession, collection plantations.

Одной из основных задач, стоящих перед биологией как наукой на сегодняшнем этапе ее развития, является сохранение растительного биоразнообразия и его изучение. Но решение этой задачи должно иметь не только теоретическую основу, но и практическую, заложенную Н. И. Вавиловым, – выведение на основе сбора, хранения, изучения генофонда мировых дикорастущих и культурных растительных ресурсов новых сортов.

Из продуктов растительного происхождения очень ценными для человеческого организма являются свежие плоды и ягоды. Последние, имея в своем составе комплекс биохимических веществ, полезных человеку, должны занимать в рационе питания не менее половины от всего объема потребления.

Ежевика – *Rubus* L. subgen. *Rubus* = *Rubus* subgen. *Eubatus* (Focke) Focke – одна из ценнейших ягодных культур, обладающая уникальными лечебными и диетическими свойствами. По данным лаборатории биохимии Крымской опытно-селекционной станции (ОСС) ВИР, плоды ежевики в зависимости от сорта и условий произрастания содержат до 10% сахаров, среди которых преобладают легко усвояемые фруктоза и глюкоза, до 0,8% белка, от 1,4 до 2,3% свободных кислот, до 50 мг% аскорбиновой кислоты. Кроме этого в них находятся антоцианы, катехины и целый ряд элементов кроветворного комплекса (Ca, Mg, Fe и т. д.).

Видовые и сортовые коллекции ежевики сосредоточены в России на сегодняшний день в системе Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР): на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», Майкопской опытной и Крымской опытно-селекционной станциях ВИР (Semenova, Dobrenkov, 2001, Podorozhnyi, 2016). Работа с собранным генофондом культуры ведется согласно методическим указаниям (Yushev et al., 2016).

Цель проводимой работы – сохранение, пополнение и комплексное изучение биологического потенциала культуры для планомерного и динамичного улучшения сортимента в РФ путем отбора наиболее оптимальных сортов для производства, а также выделения доноров и источников хозяйственно ценных признаков и вовлечение их в селекционный процесс.

В качестве положительного примера такой работы с генофондом можно привести созданный на Крымской станции сорт ежевики 'Агатовая', который запатентован и районирован (Podorozhnyi, 2016).

Алгоритм построения работы с уже имеющимися и планируемыми к созданию коллекциями ягодных культур разработан на Крымской ОСС (Podorozhnyi, 2016) и включает в систему как практическую, так и теоретическую работу, направленную в конечном итоге на совершенствование сортов.

При вовлечении в коллекции новых образцов необходимым условием является привлечение не только культурного сортимента, но обязательно дикорастущих форм. Такая работа регулярно проводится филиалами ВИР, в частности на Крымской ОСС только за две последние экспедиции (2017, 2018 г.) в Республику Крым и по южным областям РФ в коллекцию привлечено 7 образцов дикорастущих ежевик – в основном росяник. За счет обмена с отечественными и зарубежными НИУ коллекция регулярно пополняется культурными сортами. Как следствие, неизменно расширяется площадь посадок под коллекционными образами, хранящимися *in vivo*, что требует дополнительных затрат на закладку и последующий уход за насаждениями.

Ежевика в современной классификации относится к семейству Розанные – Rosaceae Juss., роду *Rubus* L., подроду *Rubus* (= *Eubatus* (Focke) Focke). Основными центрами происхождения ежевики являются Американский (тропические части Южной Америки) и Восточно-Азиатский (Гималаи). Вторичный центр – Европа. Подрод ежевика по числу видов, по мнению различных авторов, включает от 200 видов (Kazakov, 2001) до 400 (Sinkova, 1983). Плоидный ряд ежевики длинный и непрерывный – от диплоидов (2n = 14) до декаплоидов (12n = 84).

Происхождение основного современного сортимента садовой ежевики можно представить в виде нашей оригинальной схемы (рис. 1).



Рис. 1. Происхождение основного современного сортимента садовой ежевики (*Rubus* L. subgen. *Rubus*)
Fig. 1. Origin of the main modern cultivars of blackberries (*Rubus* L. subgen. *Rubus*)

Как видно из схемы, в селекции для получения новых сортов используются в основном ежевики со стелющимися побегами (росяники). В коллекционных посадках ВИР росяники занимают более 70% от объема коллекций культуры; куманики (ежевика с прямостоячими побегами) – менее 30%. В связи с тем что росяники имеют длинные стелющиеся побеги (от 3,5 до 6 м и более), выращивать их рекомендуется на шпалере. Известен этот способ давно (Hessayon, 1995). Модификации его заключаются только в способе крепления самого побега к шпалере. Шпалера состоит из столбов высотой 2,1 м, расположенных в ряду от 3 до 4 м между ними, туго натянутая в 4 ряда проволока находится на высоте 0,9; 1,2; 1,5; 1,9 м. Высаживаются растения на расстоянии 2,4–3,6 м в ряду и 2,7–3,0 м в междурядье, при этом для успешного плодоношения побеги должны иметь в длину не менее 2,6–3,6 м и крепиться к проволоке по разным системам (рис. 2).



Рис. 2. Растение росяники Блэк Сэтин, размещенное на шпалере в коллекции Крымской ОСС

Fig. 2. A trellised plant of the trailing blackberry cultivar Black Satin in the collection of Krymsk Experiment Breeding Station

По разработанной на Крымской ОСС ВИР бесшпалерно-кустовой технологии хранения образцов росяники *in vivo* растения высаживаются в ряды, заранее замульчированные черной полимерной пленкой, устойчивой к фоторазрушению и высокой солнечной инсоляции, шириной один метр, с уложенной под ней трубкой для капельного полива и фертигации с расположением капельниц через 1,1 м (рис. 3).

Края полимерной пленки закрепляются к почве с использованием металлических шпилек или присыпаются землей во избежание нарушения целостности мульчирующего покрытия. Саженцы высаживаются в загущенную по сравнению с вышеуказанным традиционным способом посадку в заранее приготовленные в мульчирующей пленке отверстия диаметром до 10 см на расстоянии 1,1 м в ряду из расчета расположения капельницы над корневой системой. Ширина междурядья 1,0–1,1 м.

Используемые в традиционной посадке сорта и дикие формы росяник в первый год вегетации формируют одногодичные побеги и в осенний период, при уменьшении среднесуточной температуры и укорачивании светового дня, в пазухах листьев закладывают цветочные образования. Весной из этих почек вырастают плодовые веточки, на которых формируется летний урожай. Отплодоносившие стебли после сбора урожая вырезают и удаляют с плантации.



Рис. 3. Хранение коллекции росяники на Крымской ОСС по бесшпалерно-кустовой технологии

Fig. 3. Storage of the dewberry collection at Krymsk Experiment Breeding Station using the support-free technology

В предлагаемом способе вновь отрастающие побеги обрезают в течение вегетационного периода на высоте 80–90 см. В результате этой операции плодовые почки на будущий год закладываются на этих укороченных побегах и побегах второго порядка, образующихся из них, которые также по мере отрастания обрезают или прищипывают на высоте 30–40 см. Плодовые почки дают в последующем хорошо развитые плоды (рис. 4).



Рис. 4. Плодоносящий куст росяники сорта Блэк Сэтин, сформированный по кустовому типу

Fig. 4. A fruiting bush of cv. Black Satin maintained without a trellis

После окончания плодоношения такие побеги удаляют, а вновь отрастающие у основания куста укорачивают вышеуказанным способом.

Проведенные на площади 0,5 га с 2011 по 2017 год испытания бесшпалерно-кустовой технологии хранения росяники, разработанной на Крымской ОСС, показали ее высокую эффективность в сравнении со способом хранения образцов на шпалере. В качестве контроля был принят прилегающий к опытному полю участок такой же площади со шпалерным размещением растений.

Экономический анализ затрат на посадку и работы по уходу за саженцами в первый год, проведенный с использованием технологических карт, представленных экономическим отделом Крымской ОСС ВИР, с перерасчетом материальных затрат на 2017 год, позволил сделать вывод, что предложенная бесшпалерно-кустовая технология содержания коллекционных образцов ежевики, в отличие от известного (на шпалере), существенно удешевляет производство уже в год закладки (таблица).

Таблица. Локальная смета затрат по технологическим процессам посадки коллекций ежевики (перерасчет на 1 га в ценах 2017 г.)

Table. Local cost estimate for planting operations in the blackberry collections (recalculated per 1 ha in the 2017 prices)

Проводимые работы	Бесшпалерно-кустовая	Опорно-шпалерная
	затраты, руб.	
Пахота	1544	1544
Чизелевание (глубокое рыхление)	576	576
Сплошная культивация – 2-кратная	742	742
Внесение сложных минеральных удобрений (300 кг/га)	72	72
Нарезание гряд, укладка мульчирующей пленки	38100	–
Монтаж системы орошения (5 чел./дней * 920 руб./день + 10% премия)	5060	5060
Высадка растений – 493 руб./день (+ 10% премия)	1487	289
Установка опорно-шпалерной конструкции	–	6200
Полив август-октябрь, 200 часов * 125 руб./час – работа (+ 10% премия)	27500	27500

Проводимые работы	Бесшпалерно-кустовая	Опорно-шпалерная
	затраты, руб.	
Охрана объекта (август – декабрь) 3600 час. * 70 руб./час	252000	252000
Транспорт – подвоз людей, материалов, продукции	16800	16800
В сумме	343881	310783
(Амортизационные начисления + непредвиденные (неучтенные расходы +10%)	30949	27970
Налог на фонд з/платы (30,2%)	103852	93856
ИТОГО	478682	432609
Материальное обеспечение		
Агро-Мастер 20:20 (2,5 кг * 250 руб.)	625	625
Минеральные удобрения (300 кг * 39,3 руб.)	11790	11790
ГСМ (455 л * 45,75 руб./л)	20816	20816
Оборудование для капельного орошения	188400	188400
Приобретение материалов для устройства опорно-шпалерной конструкции	–	280000
Мульчирующая пленка (50–60 микрон, черная, шириной 1,4 м – срок службы не менее 3-х лет) 6000 м * 18 руб. за 1 п/м	108000	–
Посадочный материал *	–	–
ИТОГО	329631	501631
Всего:	**808313**	**934240**

* Примечание: стоимость посадочного материала в расчетах не учитывалась, в связи с его производством в научных подразделениях филиала

* The cost of planting material was not included in the estimate because it was produced by the research departments of the branch itself.

За счет загущенной посадки в несколько раз уменьшается площадь под одинаковым количеством образцов в предлагаемом коллекционном насаждении (опорно-шпалерное – 1600 шт./га, бесшпалерно-кустовое – 8264 шт./га). Кроме этого, к положительному эффекту можно отнести ненужность установки дорогостоящей шпалеры, что дает дополнительную экономию при закладке насаждения.

При использовании в качестве мульчирующего материала на плантации черной полимерной пленки отпадает необходимость ручных прополок, которые сказываются на себестоимости содержания образцов начиная со второго года эксплуатации и применения гербицидов для уничтожения сорной растительности, что снижает химический прессинг на окружающую среду и способствует экологизации агроценоза.

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

Hessayon D.G. The Fruit Expert. London: Transworld Publishers Ltd; 1995.

Kazakov I.V. Raspberry. Blackberry (Malina. Ezhevika). Moscow; Kharkov; 2001. [in Russian] (Казаков И.В. Малина. Ежевика. М.; Харьков; 2001).

Podorozhnyi V.N. Creating blackberry cultivars for the southern zone of horticulture in Russia (Sozdaniye sortov yezheviki dlya yuzhnoy zony sadovodstva Rossii). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia.* 2016;45:119-121. [in Russian] (Подорожный В.Н. Создание сортов ежевики для южной зоны садоводства России. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2016;45:119-121).

Podorozhnyi V.N. Improving the assortment of small fruits for the North Caucasus region of Russia through the use of the genetic potential of collections (Sovershenstvovaniye sortimenta yagodnykh kultur dlya Severo-Kavkazskogo regiona RF na osnove ispolzovaniya geneticheskogo potentsiala kollektsiy). *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 ягодоводство России*. 2016;45:124-127).

Semenova L.G., Dobrenkov E.A. Blackberry adaptive potential in the western foothills of the North Caucasus (Adaptivny potentsial yezheviki v usloviyakh Zapadnogo predgorya Severnogo Kavkaza). Maikop; 2001. [in Russian] (Семенова Л.Г., Добренков Е.А. Адаптивный потенциал ежевики в условиях Западного предгорья Северного Кавказа. Майкоп; 2001).

Sinkova G. M. Dewberry species in the flora of the USSR promising for cultivation and breeding (Vidy yezhevik flory SSSR, perspektivnye dlya kultury i selektsii). *Bulletin of Applied Botany, Genetic and Plant Breeding*, 1983;76:100-109. [in Russian] (Синькова Г.М. Виды ежевик флоры СССР, перспективные для культуры и селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1983;76:100-109).

Yushev A.A., Sorokin A.A., Tikhonova O.A., Orlova S.Yu., Kislin E.N., Radchenko O.E., Pupkova N.A., Shlyavas A.V. Collection of genetic resources of fruit and berry plants: conservation, replenishment and study: Guidelines (Kollektsiya geneticheskikh resursov plodovykh i yagodnykh rasteniy: Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 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. СПб.: ВИР; 2016).

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
Подорожный В.Н. Бесшпалерно-кустовая технология хранения сортов ежевики – росяники плетевидной в коллекционных посадках Крымской ОСС филиала ВИР. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):12-17.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-12-17

Podorozhnyi V.N. Support-free technology for maintaining shrubs of blackberry and dewberry varieties in the collection orchards of Krymsk Experiment Breeding Station of VIR. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):12-17.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-12-17

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-12-17

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

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-18-24
УДК 581.6:504.73(571.65)
Поступление/Received: 14.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Г. В. ТАЛОВИНА[1], Е. В. АИСТОВА[2]

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

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

CROP WILD RELATIVES IN MAGADAN PROVINCE OF RUSSIA: INVENTORYING AND CONSERVATION

G. V. TALOVINA[1], E. V. AISTOVA[2]

[1] N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
g.talovina@vir.nw.ru;

[2] Amur Branch of the Botanical Garden/Institute, Far-East. Div. of the RAS, 2 km, Ignatyevskoye Shosse, Blagoveshchensk 675000, Russia;
stork-e@yandex.ru

Актуальность. Сохранение генетических ресурсов растений (ГРР) – необходимое условие обеспечения экономической и экологической безопасности страны. Важнейшей составной частью оценки состояния ГРР является изучение диких родичей культурных растений (ДРКР) конкретного региона. В рамках работы по инвентаризации ДРКР регионов России в естественных растительных сообществах впервые проведена инвентаризация видов ДРКР Магаданской области Дальневосточного региона России для выявления таксонов, приоритетных к сохранению и мониторингу их состояния в естественных фитоценозах. **Материалы и методы.** Материалом послужили литературные данные по флоре изучаемого региона; таксономический и эколого-географический анализы; методика по сохранению видов ДРКР, адаптированная для России. **Результаты и выводы.** Составлен список ДРКР, включающий 232 вида, принадлежащих к 62 родам из 21 семейства, что составляет около 20% от всей флоры области. Аборигенная фракция флоры ДРКР составляет 60%, адвентивная – 40%. Проведены: анализ распространения видов ДРКР по флористическим районам области, степень их встречаемости, а также – ранжирование по критериям хозяйственной ценности и экономической значимости. Наибольшая концентрация ДРКР (81%) характерна для Охотского флористического района. На основе проведенного анализа ДРКР Магаданской области выявлено 76 видов, приоритетных к сохранению *in situ*.

Ключевые слова: сохранение *in situ*, генетические растительные ресурсы, флористический и географический анализ, аборигенный вид, адвентивный вид.

Background. Plant genetic resources (PGR) conservation is an indispensable condition for ensuring the country's economic and environmental security. The most important component of the PGR status assessment is the study of crop wild relatives in a particular region. Within the framework of the work on inventorying crop wild relatives (CWR) in the regions of Russia, an inventory of CWR was for the first time made for Magadan Province, Far East region of Russia, to identify plant taxa that are prioritized for conservation and monitoring of their status in natural phytocenoses. **Materials and methods.** The material for the present research was taken from the data published on the vegetation of the studied region. Taxonomic analysis of CWR was performed using conventional floristic methods. In order to select priority species for conservation, the guidelines for PGR conservation adapted for Russia were used. **Results and conclusions.** A list of 232 CWR species belonging to 62 genera of 21 families has been compiled; it encompasses nearly 20% of the entire regional flora. The indigenous part of CWR amounts to ca. 60%, while the adventive part includes 40% of the total CWR number. Analysis of distribution of CWR species over the studied area showed that the greatest diversity of CWR species (81%) is concentrated in the Okhotsky floristic district. As a result of the analysis, 76 species occurring in Magadan Province were identified for prioritized *in situ* conservation.

Key words: crop wild relatives, plant genetic resources, *in situ* conservation, Magadan Province of the Russian Far East, indigenous species, adventive species.

Введение

Крайнюю северо-восточную оконечность Евразийского материка, где располагаются Магаданская область, Чукотский автономный округ и Камчатский край, рассматривают как особый субрегион – Север Дальнего Востока (Flora and vegetation…, 2010). Магаданская область, площадь которой составляет 461,4 тыс. км^2, занимает западную часть этого субрегиона и, как показано на рисунке 1, относится к районам Крайнего Севера. Граничит на северо-востоке с Чукотским автономным округом, на востоке – с Камчатским краем, на северо-западе – с Якутией и на юго-западе – с Хабаровским краем.

Климат на территории области субарктический с чертами морского муссонного на востоке и высокой долей континентальности на западе. Характеризуется коротким и прохладным летом, продолжительной зимой, отрицательными средними годовыми температурами и большой относительной влажностью воздуха. Имеются некоторые различия в динамике метеорологических показателей в приморской и континентальной частях территории. На погоду в полосе 100–150 км от берега, а по широким речным долинам – и до 200 км, оказывает влияние Охотское море. Лето на побережье с частыми туманами и существенно холоднее, чем в континентальной части, расположенной за Охотско-Колымским водоразделом. Зимой на побережье держатся более высокие температуры и нередки сильные ветры, тогда как за водоразделом морозы бывают исключительно сильными. Почвы малоплодородные, с глубины 40–60 см обычно подстилаются постоянно мерзлыми грунтами. Практически вся территория области находится в зоне вечной (многолетней) мерзлоты. Своеобразие растительного покрова обусловлено комплексом природно-климатических условий, связанных со спецификой географического положения, строением поверхности, влиянием морей и др., а также с историей формирования флористических комплексов, воздействием факторов антропогенного генезиса.



Рис. 1. **Север Дальнего Востока России**

Fig. 1. **The north of the Russian Far East**

Сложившиеся здесь закономерности распределения флоры и растительности – это результат длительного сосуществования популяций видов растений и их взаимодействия с меняющимися условиями окружающей среды. В отличие от севера Русской равнины и Западной Сибири, где третичная флора была полностью уничтожена оледенением, растительность Магаданской области не испытывала таких катастрофических изменений и приспосабливалась к колебаниям климата. В результате границы высотных поясов неоднократно менялись, а флористические ансамбли насыщались не только автохтонными элементами, но и видами-мигрантами (Flora and vegetation…, 2010).

Природная флора Магаданской области насчитывает 1141 вид и подвид сосудистых растений, относящийся к 421 роду из 97 семейств; при этом адвентивные растения представлены 285 видами (Lysenko, 2012), 165 родами, 36 семействами.

По геоботаническому районированию России территория Магаданской области включена в Витимо-Колымскую подпровинцию Якутской провинции Восточно-Сибирской подобласти светлохвойных лесов Евразиатской хвойнолесной (таежной) области, за исключением полуострова Тайгонос, который входит в Гижигинско-Пенжинский округ Берингийской кустарниковой (лесотундровой) области (Geobotanical zoning…, 1947). Якутская провинция охватывает громадную территорию с господством в лесах лиственницы *Larix cajanderi* Mayr – восточную Якутию, большую часть побережья Охотского моря и прилегающие к нему горные системы. Витимо-Колымская подпровинция отличается значительным развитием в подлеске лиственничных лесов *Betula divaricata* Ledeb., *Rhododendron parvifolium* Adams, *Pinus pumila* (Pall.) Regel. Последний образует в горах пояс стлаников выше границы леса. В долинах рек нередки леса из *Populus suaveolens* Fisch., *Chosenia arbutifolia* (Pall.) A. K. Skvortsov. Вблизи побережья преимущественно по ложбинам горных склонов распространены березово-лиственничные леса с березой каменной *Betula lanata* (Regel) V. N. Vassil.

В соответствии с картой зон и типов поясности растительного покрова (Ogureeva, 1999) Магаданская область находится на стыке арктической и таежной зон, в подзоне южных гипоарктических тундр и северной тайги соответственно. Первая подзона представлена ивняково-ерниковыми и кочкарными тундрами в сочетании с полигональными травяно-кустарничково-лишайниково-моховыми болотами, вторая – хвойными кустарничково-лишайниково-зеленомошными редкостойными лесами и редколесьями в сочетании с болотами. Однако ведущее место в рельефе области принадлежит средневысотным нагорьям. Большая часть области расположена в пределах Яно-Колымской складчатой системы. На западе области более чем на 1500 км протянулись цепи хребта Черского. Для растительности горных территорий характерна поясность, которая представлена следующими типами:

1. гипоарктическим тундровым: нивально-высокоаркто-тундрово-крупностланиковый пояс растительности (Пенжино-Корякский, Южноколымский);

2. гипоарктическим таежным:

а. Верхояно-Колымские: гольцово-тундрово-стланиково-редколесный (Омолонский, Северо-Момский); стланиково-редколесный (Алазейское и Юкагирское плоскогорье); ерниково-болотно-редколесный с фрагментами степей (Омолонская котловина); нивально-гольцово-тундрово-стланиково-редколесный (Оймяконский); стланиково-редколесный (Оймяконское нагорье).

б. Североохотские: гольцово-тундрово-стланиково-редколесный пояс растительности (Верхнеколымский, Ольский, Североохотский прибрежный).

Настоящее исследование проведено в рамках работы по инвентаризации ДРКР регионов России с целью их дальнейшего сохранения. *В задачи исследования* входило таксономическое и географическое изучение видов ДРКР аборигенной и адвентивной фракций флоры Магаданской области; составление списка видов для приоритетного сохранения. Для территории российского Дальнего Востока авторами опубликованы результаты исследования ДРКР Амурской области и Приморского края (Talovina, Aistova, 2017; Talovina, Aistova, 2018). Подобными исследованиями охвачены и другие регионы России (Bagmet, Taisumov, 2018; Shipilina, 2018; etc.).

Материал и методы

В своей работе мы опирались на конспект флоры Магаданской области, опубликованный в 2010 году коллективом авторов: А. Н. Беркутенко, Д. С. Лысенко, М. Г. Хорева и другие (Flora and vegetation…, 2010). Флористические районы Магаданской области (рис. 2) в работе трактуются в соответствии с флористическим районированием А. П. Хохрякова (Khokhryakov, 1985).

В анализ были включены как аборигенные виды сосудистых растений, так и адвентивные, исключая виды – «беглецы из культуры». Использованы стандартные методики флористического анализа. Для выбора приоритетных объектов и путей сохранения использовали методику сохранения *in situ* генетических растительных ресурсов, разработанную N. Maxted (Maxted et al., 1997) и адаптированную для территории России (Smekalova et al., 2002). Для определения степени хозяйственной ценности ДРКР и выявления приоритетных к сохранению видов использовалось ранжирование (Smekalova et al., 2002; Smekalova, Chukhina, 2005) на 5 групп (рангов) по принципам родства с культурными растениями и экономической значимости:

I ранг – виды, непосредственно представленные в культуре, имеют сорта;

II – виды, непосредственно участвующие в скрещиваниях, используемые как источники генов или как подвои;

III – виды близкого родства с введенными в культуру (в составе одной секции, одного подрода), перспективные для хозяйственного использования;

IV – другие полезные виды рода, используемые в собирательстве и народной селекции (сортов);

V – все остальные виды данного рода.

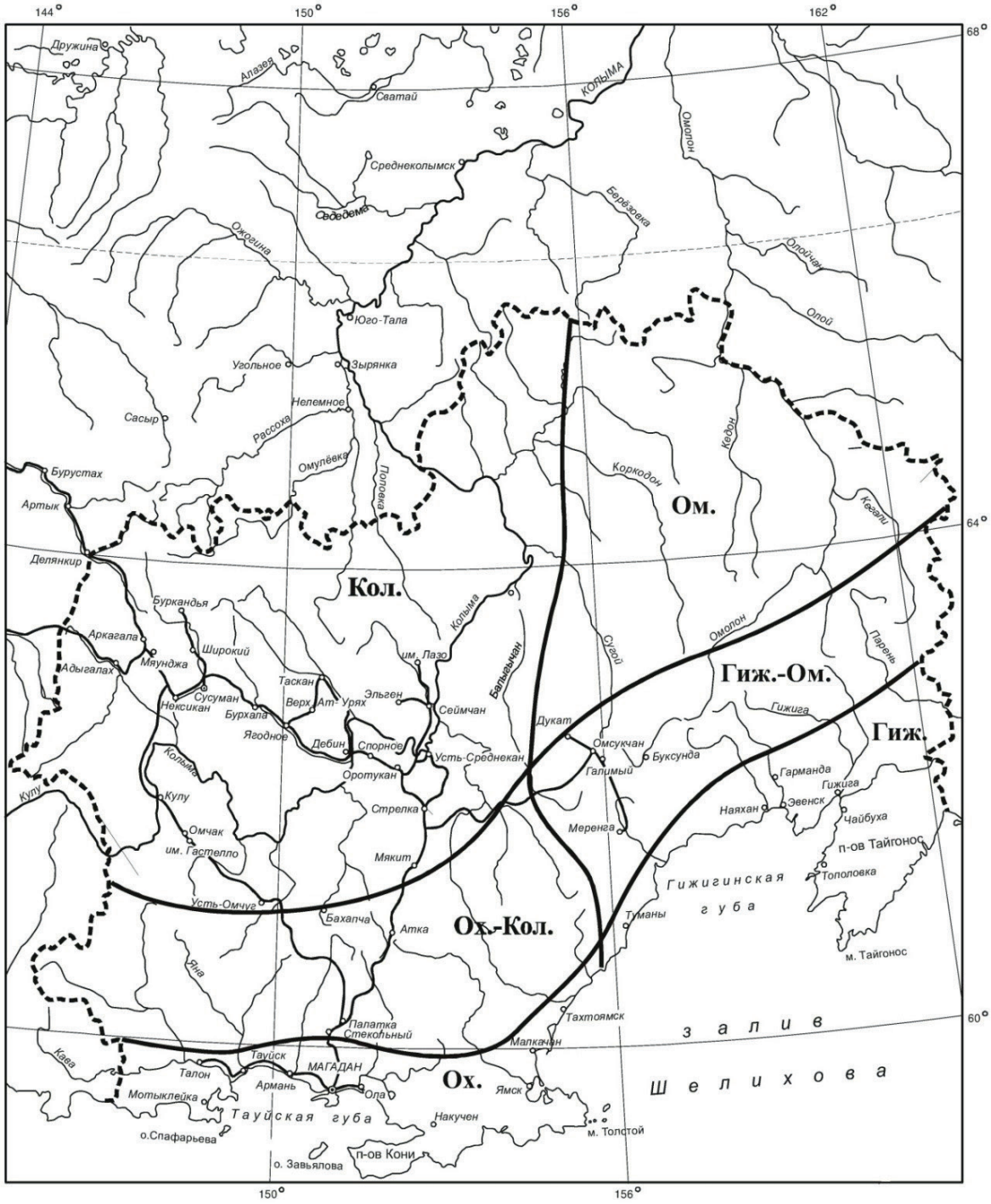


Рис. 2. Флористические районы Магаданской области (по: Flora and vegetation..., 2010)
Обозначения: Ох. – Охотский, Гиж. – Гижигинский, Ох.-Кол. – Охотско-Колымский, Гиж.-Ом. – Гижигинско-Омолонский, Кол. – Колымский, Ом. – Омолонский

Fig. 2. Floristic districts of Magadan Province (as per Flora and vegetation..., 2010)
Legend: Ох. – Okhotsky, Гиж. – Gizhiginsky, Ох.-Кол. – Okhotsko-Kolymsky, Гиж.-Ом. – Gizhiginsko-Omolonsky, Кол. – Kolymsky, Ом. – Omolonsky

Обсуждение и результаты

В результате проведенного исследования составлен аннотированный список, содержащий информацию о 232 видах ДРКР флоры Магаданской области, принадлежащих к 62 родам из 21 семейства. Из них адвентивных ДРКР – 92 вида (40% от общего числа видов ДРКР), относящихся к 49 родам из 18 семейств. В списке дано распространение видов по флористическим районам области, степень их встречаемости, а также распределение по критериям хозяйственной ценности и экономической значимости с названием хозяйственных групп. Аборигенные виды ДРКР составляют 60%, или 140 видов от общего числа ДРКР Магаданской области, что ниже доли местных видов в составе общего списка флоры Магаданской области (74%, или 846 видов).

Доля ДРКР составляет около 20% от всей флоры края. По количеству видов ДРКР лидируют семейства Poaceae Barnhart (112 видов, или около 48% от общего числа ви-

дов ДРКР, из них 26 видов адвентивные – около 11%), Polygonaceae Juss. (37 видов, 16%, из них 12 видов адвентивные – около 5%), Fabaceae Lindl. (21 вид, или 9%, из них 17 видов адвентивные – около 7% от общего числа видов ДРКР). Среди родов ДРКР самим высоким видовым разнообразием характеризуется *Poa* L. – 39 видов, за ним следуют *Rumex* L. – 18 видов, *Elymus* L. – 16, *Festuca* L. – 11 и *Papaver* L. – 10. Среди адвентивных родов наибольшим разнообразием отличаются *Rumex* – 9 видов, *Vicia* L. – 7 и *Chenopodium* L. – 5. Остальные роды представлены одним-тремя видами.

В результате анализа распространения видов ДРКР Магаданской области оказалось, что наибольшее видовое разнообразие характерно для Охотского флористического района (188 видов), на втором месте находится Колымский флористический район (152 вида), на третьем – Охотско-Колымский (103 вида). Омолонский, Гижигинско-Омолонский районы имеют сходный уровень видового разнообразия (по 74 вида); в Гижигинском флористическом районе видовое богатство ДРКР минимально (69 видов).

Если учесть, что Охотский район сопоставим по площади с Гижигинским и тот факт, что это два наименьших по размеру района, то очевидно, что Охотский флористический район значительно отличается по видовому богатству ДРКР от других флорраионов Магаданской области. Однако увеличение видового разнообразия ДРКР в этом флористическом районе большей частью происходит за счет заносных видов (*Rubus idaeus* L. – малина обыкновенная; *Rumex maritimus* L. – щавель приморский; *Setaria viridis* (L.) Beauv. – щетинник зеленый и др.). Из 53 видов ДРКР Магаданской области, произрастающих только в Охотском районе, 39 являются адвентивными. Только на территории Охотского флористического района произрастают следующие аборигенные виды флоры Магаданской области (Flora and vegetation…, 2010):

– очень редко в склоновых и долинных каменноберезовых и елово-каменноберезовых лесах – *Allium ochotense* Prokh. (*A. victorialis* L.) – лук охотский, или черемша. Вид находится здесь на северной границе ареала. Известна одна популяция в низовьях р. Яма, в верховьях ручья Темный, в 5 км ниже р. Халанчига; по данным О. А. Мочаловой (Flora and vegetation…, 2010), за последние десятилетия участки произрастания черемши сократились, несмотря на почти полное отсутствие заготовок;

– *Lonicera chamissoi* Bunge ex P. Kir. – жимолость Шамиссо. Спорадично встречается в каменноберезняках, на опушках, реже – в лиственничниках и зарослях кедрового стланика Охотского флористического района;

– очень редко встречается *Agrostis mertensii* Trin. – полевица Мертенса, характерная для приморских лугов и нивальных лужаек [п-ов Кони, Ольский район – по данным Д. С. Лысенко (Lysenko, 2012)];

– нередко по галечникам и песчаным наносам по берегам рек, пойменным лугам, ивнякам и рудеральным местообитаниям отмечается вид *Agrostis scabra* Willd. – полевица шероховатая;

– *Elymus boreoochotensis* A. Khokhr. – пырейник североохотский. Нередко встречается на приморских обрывах, склонен к антропохории. Североохотский эндемик;

– *Elymus khokhrjakovii* Tzvelev – пырейник Хохрякова. Узколокальный североохотский эндемик; гибрид, вероятно стерильный, очень редок в Магаданской области, произрастает только в Охотском флористическом районе на рудеральных местообитаниях – антропогенных лугах, обочинах дорог, пустырях. Растения собирались в местах совместного произрастания *Elymus kronokensis* и *E. boreoochotensis*);

– *Poa trivialiformis* Kom. – мятлик подобный. Очень редок в указанном районе (п-ов Кони: р. Хинджа, мыс Плоский), по данным Д. С. Лысенко (Lysenko, 2012), встречается на галечниках, песчано-илистым наносах по берегам рек, в пойменных ивняках и лугах;

– *Rumex gmelinii* Turcz. ex Ledeb. – щавель Гмелина растет на галечниках и в пойменных лугах, редко (п-ов Кони: м. Таран, окр. пос. Снежная Долина, по данным Н. Н. Цвелева – р. Яна) и др.

К I рангу по хозяйственной ценности и экономической значимости нами отнесено 67 видов, что составляет довольно значительную часть (около 29%) от общего числа видов. Ко II рангу принадлежат 4 вида, к III рангу – 26, к IV рангу – 47 видов (менее 2%, около 12% и 20% соответственно). Преобладающее число видов относится к V рангу (88 видов; 38%), относительно которых на сегодняшний день отсутствует информация по использованию. Наибольшую хозяйственную ценность представляют собой виды первых двух рангов.

Эти виды являются приоритетными к сохранению в составе естественных природных сообществ (*in situ*) Магаданской области. Также к числу приоритетных к сохранению относятся 8 видов ДРКР (таблица), включенных в Красную книгу Магаданской области (Red Data…, 2008a). Следует отметить, что среди представителей ДРКР нет видов, охраняемых на федеральном уровне (Red Data…, 2008b).

Таблица. Виды ДРКР, внесенные в Красную книгу Магаданской области (2008), и их ранги по экономической важности

Table. CWR species included in the Red Data Book of Magadan Province (2008) and their ranking according to economic importance

№	Латинское название вида – Latin name of the species	Русское название вида – Russian name of the species	Ранг, значение – Rank, economic importance
1	*Allium ochotense* Prokh.	лук охотский, или черемша	IV. Пищевое
2	*Artemisia dracunculus* L.	полынь эстрагон, или тархун	I. Пищевое, техническое
3	*Bromopsis canadensis* (Michx.) Holub	кострец канадский	IV. Кормовое.
4	*Caragana jubata* (Pall.) Poir.	карагана гривастая, или «верблюжий хвост»	I. Декоративное, кормовое
5	*Dracocephalum stellerianum* Hiltebr.	змееголовник Стеллера	V.
6	*Linum komarovii* Juz.	лен Комарова	V.
7	*Oxycoccus palustris* Pers.	клюква болотная	I. Пищевое, лекарственное
8	*Rheum compactum* L.	ревень компактный, или густоцветковый	III. Пищевое, лекарственное

Из 8 краснокнижных видов ДРКР 3 вида имеют первостепенную экономическую важность и уже отнесены нами к числу приоритетных к сохранению, остальные 5 видов по критерию редкости и уязвимости также причисляются к ним. Таким образом, 76 видов ДРКР Магаданской области подлежат первоочередному сохранению. В соответствии с рекомендациями Конвенции по биоразнообразию, принятой в Рио-де-Жанейро в 1992 году, из двух путей сохранения предпочтительным является сохранение *in situ*, т. е. в составе природных растительных сообществ. Причём наиболее целесообразно это сохранение производить на территории особо охраняемых природных территорий (Smekalova, Chukhina, 2005). В Магаданской области действуют Магаданский государственный природный заповедник и шесть государственных природных заказников. В ходе дальнейших исследований необходимо провести анализ распространения видов ДРКР на особо охраняемых природных территориях.

Заключение

Выявлено 232 вида диких родичей культурных растений (ДРКР) Магаданской области; проведены таксономический анализ, анализ распространения видов на территории области и их ранжирование по экономической значимости.

Из них 140 видов или 60% от общего числа ДРКР – местные, и 92 вида (40%) – адвентивные. Предложены приоритетные к сохранению *in situ* 76 видов ДРКР Магаданской области.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0005 «Раскрытие потенциала и разработка стратегии рационального использования генетического разнообразия ресурсов кормовых культурных растений и их диких родичей, сохраняемого в семенных и гербарных коллекциях ВИР».

References/Литература

Bagmet L.V., Taisumov M.A. Crop wild relatives conservation in the Chechen Republic (Dikiye rodichi kulturnykh rasteniy Chechenskoy respubliki i perspektivy ikh sokhraneniya). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2018;179(3):12-22. [in Russian] (Багмет Л.В., Тайсумов М.А. Дикие родичи культурных растений Чеченской республики и перспективы их сохранения. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(3):12-22). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-12-22

Flora and vegetation of Magadanskaya Province (summary of vascular plants and an essay on vegetation). (Flora i rastitelnost Magadanskoy oblasti [konspekt sosudistykh rasteniy i ocherk rastitelnosti]). Magadan: Inst. of Biol. Probl. of the North; 2010. [in Russian] (Флора и растительность Магаданской области (конспект сосудистых растений и очерк растительности). Магадан: ИБПС ДВО РАН; 2010).

Geobotanical zoning of the USSR (Geobotanicheskoye rayonirovaniye SSSR). Moscow; Leningrad: USSR Acad. of Sci.; 1947. [in Russian] Геоботаническое районирование СССР. М.; Л.: АН СССР; 1947).

Khokhryakov A.P. Flora of Magadan Province (Flora Magadanskoy oblasti). Moscow: Nauka; 1985. [in Russian] (Хохряков А.П. Флора Магаданской области. М.: Наука; 1985).

Lysenko D.S. Synanthropic flora of Magadan Province (Sinantropnaya flora Magadanskoy oblasti). Magadan: NESC; 2012. [in Russian] (Лысенко Д.С. Синантропная флора Магаданской области. Магадан: СВНЦ ДВО РАН; 2012).

Maxted N., Ford-Lloid B.V., Hawkes J.G. Complementary conservation strategies. In: Maxted N., Ford-Lloid B.V., Hawkes J.G. (eds). *Plant genetic conservation: The* in situ *approach*. London: Chapman and Hall; 1997. p.20-55.

Ogureeva G.N. (ed.). *Zones and types of zonality for vegetation of Russia and adjacent territories* (*Zony i tipy poyasnosti rastitelnosti Rossii i sopredelnykh territoriy*). 1:8 000 000. Moscow: ECOR; 1999. [in Russian] (Огуреева Г.Н., редактор. *Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий*. 1:8 000 000. М.: ЭКОР; 1999).

Red Data Book of Magadan Province: Rare and endangered species of plants and animals (Krasnaya kniga Magadanskoy oblasti: Redkiye i nakhodyashchiyesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy rasteniy i zhivotnykh). Magadan: Publ. House 'Dikiy Sever'; 2008a. [in Russian] (Красная книга Магаданской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. Магадан: Изд. дом «Дикий Север»; 2008a).

Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi) (Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii [rasteniya i griby]). Moscow: KMK Assoc. of Scient. Publ.; 2008b. [in Russian] (Красная книга Российской Федерации [растения и грибы]). М.: Товарищество научных изданий КМК; 2008b).

Shipilina L.Yu. Crop wild relatives in Vologda Province (Dikiye rodichi kulturnykh rasteniy Vologodskoy oblasti). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2018;179(3):49-59. [in Russian] (Шипилина Л.Ю. Дикие родичи культурных растений Вологодской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(3):49-59). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-49-59

Smekalova T.N., Chukhina I.G., Luneva N.N. Main aspects of the plant genetic resources conservation strategy in Russia (Osnovnye aspekty strategii sokhraneniya rastitelnykh genresursov na territorii Rossii). In: *Proceedings of the First Intern. Scient. and Pract. Conf. 'Problems of Botany of South Siberia and Mongolia'*. Barnaul: 2002. p.265-271. [in Russian] (Смекалова Т.Н., Чухина И.Г., Лунева Н.Н. Основные аспекты стратегии сохранения растительных генресурсов на территории России. В сб.: *Материалы Первой междунар. науч.-практ. конф. "Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии".* Барнаул: 2002. С.265-271).

Smekalova T.N., Chukhina I.G. Catalogue of the VIR Global Collection. Issue 766. Crop wild relatives of Russia (Dikiye rodichi kulturnykh rasteniy Rossii). St. Petersburg: VIR; 2005. [in Russian] (Смекалова Т.Н., Чухина И.Г. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 766. Дикие родичи культурных растений России. СПб.: ВИР; 2005).

Talovina G.V., Aistova E.V. Crop wild relatives inventory and conservation in the Primorsky Region of the Russian Federation (Dikiye rodichi kulturnykh rasteniy Primorskogo

kraya: inventarizatsiya i sokhraneniye). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2018;179(3):39-48. [in Russian] (Таловина Г.В., Аистова Е.В. Дикие родичи культурных растений Приморского края: инвентаризация и сохранение. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(3):39-48). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-39-48

Talovina G.V., Aistova E.V. Inventarization and analysis of the wild relatives of cultivated plants diversity of the Amur Oblast (Inventarizatsiya i analiz raznoobraziya dikikh rodichey kulturnykh rasteniy Amurskoy oblasti). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2017;178(2):16-24. [in Russian] (Таловина Г.В., Аистова Е.В. Инвентаризация и анализ разнообразия диких родичей культурных растений Амурской области. // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(2):16-24). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-2-16-24

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
Таловина Г.В., Аистова Е.В. Дикие родичи культурных растений Магаданской области: инвентаризация и сохранение. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):18-24. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-18-24

Talovina G.V., Aistova E.V. Crop wild relatives in Magadan Province of Russia: inventorying and conservation. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):18-24. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-18-24

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-18-24

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ СОРТОВ СЛИВЫ В УСЛОВИЯХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29
УДК 634.22:631.524.84/.85
Поступление/Received: 20.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

А. А. ВАСИЛЬЕВ, Ф. М. ГАСЫМОВ

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, 620142 Россия, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112, корп. А;
kartofel_chel@mail.ru

ENVIRONMENTAL PLASTICITY OF VARIOUS PLUM CULTIVARS UNDER THE CONDITIONS OF CHELYABINSK PROVINCE

A. A. VASILIEV, F. M. GASYMOV

Ural Federal Agricultural Research Center, Ural Branch of the RAS, 112, bldg. A, Belinskogo Street, Yekaterinburg 620142, Russia;
kartofel_chel@mail.ru

Использование адаптивных сортов плодово-ягодных культур существенно повышает экологическую устойчивость садоводства. В 2014–2018 гг. проведена оценка уральского сортимента сливы по параметрам продуктивности, экологической пластичности и стабильности в условиях Челябинской области. Анализ экологической пластичности и стабильности позволил выделить адаптивные сорта сливы китайской (*Prúnus salicina* L.): 'Алтайская юбилейная' и 'Уральская золотистая'. К пластичным сортам относятся сорта сливы 'Уральская золотистая' (урожайность – 56,2 ц/га; b_i = 1,10; S_i^2 = 25,7), 'Уральская серебристая' (55,3 ц/га; 1,16; 21,3) и 'Маньчжурская красавица' (55,3 ц/га; 1,21; 33,9), их продуктивность варьирует в соответствии с изменением условий среды. Сортами интенсивного типа с высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания (b_i значительно больше 1) являются сорта сливы 'Увельская' (56,2 ц/га; 1,46; 26,8) и 'Красносельская' (50,4 ц/га; 1,35; 45,7). Сорт 'Жемчужина Урала' (46,5 ц/га; 0,05; 22,8) относится к сортам с низкой пластичностью (близкое к нулю значение b_i), его отличает слабая реакция на изменение условий среды. Сорт сливы 'Алтайская юбилейная' формирует максимальную урожайность (61,6 ц/га) за счет пластичности (b_i = 0,91), но имеет низкую стабильность (S_i^2 = 102,5), тогда как сорт 'Шершневская' обеспечивает достаточно высокую продуктивность (52,3 ц/га) за счет высокой стабильности (S_i^2 = 32,7) и средней отзывчивости на изменение условий среды (b_i = 0,75).

Ключевые слова: плодовые культуры, слива, сорт, продуктивность, экологическая пластичность, стабильность, адаптивность.

The use of adaptable fruit and berry cultivars significantly increases the environmental sustainability of horticulture. In 2014–2018, the assortment of plum in the Urals was evaluated using the parameters of productivity, environmental plasticity and stability under the conditions of Chelyabinsk Province. The analysis of environmental plasticity and stability helped to identify adaptable cultivars of Chinese plum (*Prúnus salicina* L.): 'Altayskaya yubileynaya' and 'Uralskaya zolotistaya'. Plastic plum cultivars included cv. 'Uralskaya zolotistaya' (yield: 5.62 t/ha; b_i = 1.10; S_i^2 = 25.7), 'Uralskaya serebristaya' (5.53 t/ha; 1.16; 21.3) and 'Manchzhurskaya krasavitsa' (5.53 t/ha; 1.21; 33.9); their productivity varied in accordance with changes in environmental conditions. Intensive-type cultivars with high responsiveness to the improvement of growing conditions (b_i significantly higher than 1) were cvs. 'Uvelskaya' (5.62 t/ha; 1.46; 26.8) and 'Krasnoselskaya' (5.04 t/ha; 1.35; 45.7). Cv. 'Zhemchuzhina Urala' (4.65 t/ha; 0.05; 22.8) belongs to the cultivars with low plasticity (the b_i value close to zero); it is characterized by a weak response to a change in environmental conditions. Cv. 'Altayskaya yubileynaya' produces the highest yield (6.16 t/ha) due to its plasticity (b_i = 0.91), but has low stability (S_i^2 = 102.5), while cv. 'Shershnevskaya' secures rather high productivity (5.23 tons per hectare) due to high stability (S_i^2 = 32.7) and medium responsiveness to changes in environmental conditions (b_i = 0.75).

Key words: fruit crops, plum, cultivar, productivity, environmental plasticity, stability, adaptability.

Важнейшим условием эффективного садоводства является использование адаптивного потенциала плодово-ягодных культур и сортов (Zhuchenko, 1980). В условиях континентального климата, по мнению Н. И. Вавилова (Vavilov, 1935), преимущество имеют пластичные сорта, обладающие способностью приспосабливаться к различным экологическим условиям. Высокая урожайность сорта при этом достигается за счет сочетания в его генотипе высокой продуктивности и устойчивости к неблагоприятным экологическим факторам (Dergacheva, 2012). Роль пластичности сорта возрастает в условиях широкой вариации биогенных и абиогенных стресс-факторов Южного Урала (Zaremuk, 2015). Следовательно, экологическая устойчивость садоводства в этом регионе может существенно возрасти за счет подбора наиболее пластичных сортов по каждой культуре (Pakudin, Lopatina, 1984).

Экологическая пластичность, характеризующаяся как отзывчивость генотипа на изменение условий выращивания, по косточковым культурам изучена недостаточно. На Южном Урале слива китайская (*Prúnus salicina* L.) относится к числу наиболее адаптивных плодовых культур, отличающихся повышенной зимостойкостью, засухоустойчивостью, скороплодностью, высокой продуктивностью и стабильностью плодоношения (Gasymov, 2011). Однако не все сорта этой культуры характеризуются комплексом хозяйственно ценных признаков и обладают экологической пластичностью (Zaremuk, Bogatyreva, 2012).

Целью наших исследований была оценка уральского сортимента сливы по продуктивности, экологической пластичности и стабильности в условиях Южного Урала.

Материал и методы исследования

Исследования были проведены в 2014–2018 гг. на опытных полях Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН» в рамках выполнения государственного задания по пункту 150 (Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам) по теме № 0773-2019-0022 «Разработка и совершенствование методов селекционной работы, создание исходного материала и адаптивных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных, декоративных культур и картофеля». Объектом исследования служили основные сорта сливы китайской (*Prúnus salicina*), возделываемые на Урале и имеющие различное эколого-географическое происхождение. При проведении исследований руководствовались классическими методиками (Sedov et al., 1995; Sedov, Ogoltsova, 1999). Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа (Dospekhov, 1985). Параметры экологической пластичности сортов сливы определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина (Zykin, Meshkova, Sapega, 1984). Метод основан на расчете линейной регрессии (b_i), характеризующей экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линий регрессии (S_i^2), определяющего стабильность сорта в условиях среды. Расчет коэффициента адаптивности производился по методу Л. А. Животкова (Zhivotkov et al., 1994), сравнивая конкретную урожайность каждого из испытуемых сортов со средней урожайностью изучаемой культуры по каждому году.

Погодные условия за период исследований были различными, основные их характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1. Метеорологические условия периода исследований

Table 1. Meteorological conditions during the research period

Показатель	Период	Годы наблюдений					Многолетняя
		2014	2015	2016	2017	2018	
Температура воздуха, °С	Январь	–14,1	–12,5	–17,1	–13,0	–17,3	–15,8
	Февраль	–15,5	–8,5	–6,5	–12,9	–13,0	–14,3
	Март	–1,5	–1,7	–4,0	–4,2	–8,5	–7,4
	Апрель	2,9	5,1	7,9	5,3	3,1	3,9
	Май	15,2	13,0	13,4	11,4	10,7	11,9
	Июнь	18,1	20,6	17,4	16,4	15,1	16,8
	Июль	15,2	17,3	20,1	18,9	21,1	18,4
	Август	18,8	14,7	22,5	18,4	16,6	16,2
	Сентябрь	9,4	12,5	11,7	10,5	12,8	10,7
	Октябрь	0,3	1,8	1,4	2,1	5,1	2,4
	Ноябрь	–5,8	–6,8	–8,1	–2,1	–4,6	–6,2
	Декабрь	–8,2	–9,0	–7,2	–15,5	–10,0	–12,9
	Среднее за зиму	**–12,9**	**–10,0**	**–10,3**	**–13,8**	**–13,4**	**–14,3**
	Среднее за лето	**17,4**	**17,5**	**20,0**	**17,9**	**17,6**	**17,1**
	Среднее за год	**2,8**	**4,0**	**3,6**	**3,4**	**2,3**	**2,0**

Показатель	Период	Годы наблюдений					Много-летняя
		2014	2015	2016	2017	2018	
Сумма осадков, мм	Январь	18	16	30	16	4	19
	Февраль	19	5	13	23	17	16
	Март	66	6	6	7	19	18
	Апрель	36	11	43	19	34	23
	Май	23	134	22	40	39	39
	Июнь	56	88	117	56	31	58
	Июль	172	43	60	129	95	82
	Август	27	58	12	62	62	60
	Сентябрь	7	13	58	29	16	36
	Октябрь	88	45	41	36	52	37
	Ноябрь	15	37	42	17	20	26
	Декабрь	21	30	15	15	15	25
	Среднее за зиму	**55**	**43**	**74**	**54**	**36**	**60**
	Среднее за лето	**255**	**189**	**189**	**247**	**188**	**200**
	Среднее за год	**548**	**487**	**457**	**450**	**404**	**439**
ГТК за лето		1,60	1,17	1,02	1,50	1,16	1,21

Результаты исследований

Наиболее суровыми были зимы 2016/17 (–13,8°C) и 2017/18 г. (–13,4°C), тогда как зима 2014/15 г. была в среднем на 4,3°C, а зима 2015/16 г. – на 4,0°C теплее обычного. Малоснежными оказались зимы 2014/15 и 2017/18 г. (43 и 36 мм), тогда как в зиму 2015/16 г. осадков выпало в 1,23 раза больше нормы. По показателю ГТК (по Селянинову) летний период 2014 г. был признан влажным (1,60), 2015, 2016 и 2018 г. – недостаточно влажным (соответственно 1,17; 1,02 и 1,16), а 2017 г. – достаточно влажным (1,50).

Наиболее благоприятные метеорологические условия для выращивания сливы складывались в 2018 г., когда средняя урожайность изученных сортов составила 70,4 ц/га, а индекс среды (I_i) достигал 16,2 (табл. 2). Погодные условия 2015 г. оцениваются как хорошие (I_i = 12,2), а 2016 г. – как удовлетворительные (I_i = –1,0); средняя продуктивность сортов при этом составила соответственно 66,4 и 53,3 ц/га. Неблагоприятные условия для возделывания сливы отмечались в 2014 и 2017 г., когда индекс среды был отрицательным (соответственно –12,3 и –14,9), а урожай изученных сортов – минимальным: 41,9 и 39,3 ц/га.

Таблица 2. Урожайность и параметры пластичности сортов сливы (*Prúnus salicina* L.), ц/га

Table 2. Productivity and plasticity parameters of Chinese plum cultivars (*Prúnus salicina* L.) in centners (100 kg) per hectare

Сорт	Урожайность, ц/га						Параметры	
	2014	2015	2016	2017	2018	Сред-нее	b_i	S_i^2
Увельская	39,1	67,1	56,1	33,6	85,3	56,2	1,46	26,8
Красносельская	36,9	75,4	44,6	28,6	66,6	50,4	1,35	45,7
Маньчжурская красавица	43,5	75,4	46,2	38,0	73,7	55,3	1,21	33,9
Уральская серебристая	42,9	65,5	50,1	39,1	79,2	55,3	1,16	21,3
Уральская золотистая	45,1	64,9	51,2	40,2	79,8	56,2	1,10	25,7
Алтайская юбилейная	44,6	73,7	75,4	45,1	69,3	61,6	0,91	102,5
Шершневская, st.	46,2	67,7	45,1	40,7	61,6	52,3	0,75	32,7
Жемчужина Урала	36,9	41,8	57,2	49,0	47,9	46,5	0,05	78,6
Среднее	**41,9**	**66,4**	**53,2**	**39,3**	**70,4**	**54,2**	–	–
$НСР_{05}$	2,1	2,3	2,4	2,0	3,2	–	–	–
Индекс I_i	–12,3	12,2	–1,0	–14,9	16,2	–	–	–

Примечание: st. – сорт-стандарт
Note: st. means the reference cultivar

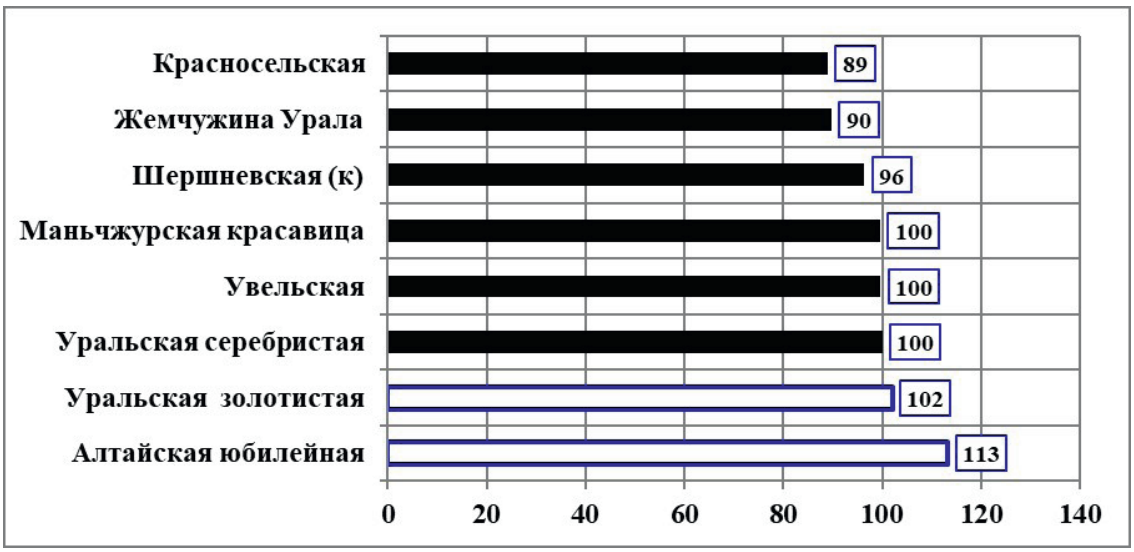


Рисунок. Коэффициент адаптивности сортов сливы китайской (*Prúnus salicina* L.), %
Примечание: **к** – стандарт

Figure. The adaptability coefficient of Chinese plum cultivars (*Prúnus salicina* L.), %
Note: **к** means the reference cultivar

Выводы

1. На Южном Урале к пластичным сортам сливы китайской (*Prunus salicina*), продуктивность которых варьирует в соответствии с изменением условий среды, отличающихся достаточно высокой урожайностью, коэффициентом регрессии близким к 1 и стабильностью близкой к 0, относятся сорта 'Уральская золотистая' (56,2 ц/га; b_i = 1,10; S_i^2 = 25,7), 'Уральская серебристая' (55,3 ц/га; b_i = 1,16; S_i^2 = 21,3) и 'Маньчжурская красавица' (55,3 ц/га; b_i = 1,21; S_i^2 = 33,9).

2. К сортам интенсивного типа, характеризующимся достаточно высоким урожаем и отзывчивостью на улучшение условий выращивания (b_i значительно больше 1), относятся сорта сливы: 'Увельская' (56,2 ц/га; b_i = 1,46; S_i^2 = 26,8) и 'Красносельская' (50,4 ц/га; b_i = 1,35; S_i^2 = 45,7).

3. К сортам с низкой пластичностью (близкое к нулю значение b_i), слабо реагирующим на изменение среды, относится сорт сливы 'Жемчужина Урала' (46,5 ц/га; b_i = 0,05; S_i^2 = 22,8).

4. Сорт сливы 'Алтайская юбилейная' формирует на Южном Урале наибольшую урожайность (61,6 ц/га) за счет пластичности (b_i = 0,91), но имеет низкую стабильность (S_i^2 = 102,5). Тогда как сорт 'Шершневская' обеспечивает достаточно высокую продуктивность (52,3 ц/га) за счет повышенной стабильности (S_i^2 = 32,7) и средней отзывчивости на изменение условий среды (b_i = 0,75).

5. В условиях Южного Урала наибольшей адаптивностью отличаются сорта сливы китайской 'Алтайская юбилейная' (113%) и 'Уральская золотистая' (102%).

6. Для возделывания на Южном Урале пригодны все изученные сорта сливы китайской: 'Алтайская юбилейная', 'Уральская золотистая', 'Увельская', 'Уральская серебристая', 'Маньчжурская красавица', 'Шершневская', 'Красносельская' и 'Жемчужина Урала'.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0773-2019-0022 «Разработка и совершенствование методов селекционной работы, создание исходного материала и адаптивных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных, декоративных культур и картофеля».

References/Литература

Dergacheva N.V. Evaluation of plasticity in potato varieties under the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia (Otsenka plastichnosti sortov kartofelya v usloviyakh lesostepnoy zony Zapadnoy Sibiri). *Selektsiya, semenovodstvo i tekhnologiya plodovo-yagodnykh kultur i kartofelya = Breeding, Seed Production and Technology of Fruit and Berry Crops and Potatoes*. 2012;XIV:141-146. [in Russian] (Дергачева Н.В. Оценка пластичности сортов картофеля в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. *Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля*. 2012;XIV:141-146).

Dospekhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат; 1985).

Gasymov F.M. Results of plum breeding in the South Ural Research Institute of Fruit, Vegetable and Potato Production (Rezultaty rabot po selektsii slivy v Yuzhno-Uralskom NIIPOK). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in the Agroindustial Complex.* 2011;5:44-46. [in Russian] (Гасымов Ф.М. Результаты работ по селекции сливы в Южно-Уральском НИИПОК *Достижения науки и техники АПК*. 2011;5:44-46).

Loginov Yu.P., Kazak A.A. Ecological plasticity under the conditions of Tyumen Province (Ekologicheskaya plastichnost v usloviyakh Tyumenskoy oblasti). *Bulletin*

of Kemerovo State University. 2015;1(61):24-28. [in Russian] (Логинов Ю.П., Казак А.А. Экологическая пластичность в условиях Тюменской области. *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2015;1(61):24-28).

Pakudin V.Z. Parameters for assessing the ecological plasticity of varieties and hybrids (Parametry otsenki ekologicheskoy plastichnosti sortov i gibridov). In: Khotyleva L.V., Niioro Z.S., Dragavtsev V.A. (eds). *Selection theory in plant populations* (*Teoriya otbora v populyatsiyakh rasteniy*). Novosibirsk: Nauka; 1976. p.178-189. [in Russian] (Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. В кн.: *Теория отбора в популяции растений* / под ред. Хотылевой Л.В., Нииоро З.С., Драгавцева В.А. Новосибирск: Наука; 1976. С.178-189).

Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Assessment of plasticity and stability of crop varieties (Otsenka plastichnosti i stabilnosti sortov selskokhozyaystvennykh kultur). *Agricultural Biology.* 1984;4:109-113. [in Russian] (Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. *Сельскохозяйственная биология*. 1984;4:109-113).

Sedov E.N., Kalinina N.P., Smykov V.K. (eds). Programme and methodology for breeding fruit, berry and nut crops (Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Orel: VNIISPK; 1995. [in Russian] (Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Седова Е.Н., Калининой Н.П., Смыкова В.К. Орел: ВНИИСПК; 1995).

Sedov E.N., Ogoltsova T.P. (eds). Programme and methodology for researching fruit, berry and nut crop cultivars (Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Orel: VNIISPK; 1999. [in Russian] (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Седова Е.Н., Огольцовой Т.П. Орел; 1999).

Vavilov N.I. Scientific bases of wheat breeding (Nauchnye osnovy selektsii pshenitsy). Moscow; Leningrad: Selkhozgiz; 1935. [in Russian] (Вавилов Н.И. Научные основы селекции пшеницы. М.; Л: Сельхозгиз; 1935).

Zaremuk R.Sh. Productivity and ecological plasticity of plums (*Prunus domestica*) in unstable environmental conditions (Produktivnost i ekologicheskaya plastichnost slivy (*Prunus domestica*) v nestabilnykh usloviyakh sredy). *Agricultural Biology.* 2015;50(1):85-91. [in Russian] (Заремук Р.Ш. Продуктивность и экологическая пластичность сливы (*Prunus domestica*) в нестабильных условиях среды. *Сельскохозяйственная биология*. 2015;50(1):85-91).

Zaremuk R.Sh., Bogatyreva S.V. Creating adaptive and productive varieties of *Prunus domestica* in the south of Russia (Sozdaniye adaptivnykh i produktivnykh sortov slivy domashney na yuge Rossii). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in the Agroindustial Complex.* 2012;5:18-20. [in Russian] (Заремук Р.Ш., Богатырева С.В. Создание адаптивных и продуктивных сортов сливы домашней на юге России. *Достижения науки и техники АПК*. 2012;5:18-20).

Zhivotkov L.A., Morozova Z.N., Sekatueva L.I. Methods of identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of 'yield' (Metodika vyyavleniya potentsialnoy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhaynosti"). *Selektsiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production.* 1994;2:3-6. [in Russian] (Животков Л.А., Морозова З.Н., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». *Селекция и семеноводство*. 1994;1:3-6).

Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants (Ekologisheskaya genetika kulturnykh rasteniy). Kishinev; 1980. [in Russian] (Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев; 1980).

Zykin V.A. Meshkova V.V. Sapega V.A. Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodological recommendations (Parametry ekologicheskoy plastichnosti selskokhozyaystvennykh rasteniy, ikh raschet i analiz: metodicheskiye rekomendatsii). Novosibirsk; 1984. [in Russian] (Зыкин В.А., Мешкова В.В., Сапега В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск; 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

Васильев А.А., Гасымов Ф.М. Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):25-29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29

Vasiliev A.A., Gasymov F.M. Environmental plasticity of various plum cultivars under the conditions of Chelyabinsk Province. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):25-29. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-25-29

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА ТРАВОСТОЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ КОСТРЕЦА БЕЗОСТОГО (*BROMOPSIS INERMIS*) В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-30-37
УДК 633.262:631.559(571.12)
Поступление/Received: 11.03.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Н. А. ФЕОКТИСТОВА

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья, филиал Федерального Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
625501 Россия, Тюменская обл., Тюменский район, п. Московский,ул. Бурлаки, 2;
nata_feo@mail.ru

THE EFFECT OF THE AGE OF SMOOTH BROME (*BROMOPSIS INERMIS*) STANDS ON THEIR HERBAGE YIELD IN TYUMEN PROVINCE

N. A. FEOKTISTOVA

Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Urals, branch of Tyumen Scientific Center. Siberian Division of the RAS,
2 Burlaki Street, Moskovsky, Tyumensky District, Tyumen Province 625501, Russia;
nata_feo@mail.ru

Актуальность. Отраслями преимущественной специализации Тюменской области являются растениеводство, молочное животноводство, внедряется отрасль мясного скотоводства, что предполагает спрос на кормовые культуры, в частности многолетние злаковые травы, среди которых наибольшее распространение имеет кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub). В связи с востребованностью культуры в НИИСХ Северного Зауралья проводится изучение лугопастбищных злаковых трав, поиск и создание новых линий, адаптивных к местным условиям. Цель исследования состояла в изучении динамики кормовой продуктивности костреца безостого за 4-летний период использования для изучения сортовых особенностей селекционного материала. **Материалы и методы.** Наблюдения проводилась в 2014–2017 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания (КСИ) костреца безостого посева 2013 г. Объектом изучения являлись сорта и селекционные линии в количестве 17 образцов. Проведен анализ урожайности их зеленой массы за 4 года пользования травостоя (5 лет жизни). Выполнено распределение образцов по группам продуктивности и возможностям использования. **Результаты и выводы.** За 4 года пользования в КСИ образцы костреца безостого по сбору зеленой массы имели 6 групп продуктивности от 8 до 30 т/га (с интервалом 4 т/га). В 1–2-й годы пользования урожайность находилась в диапазоне 21,3–30 т/га, на 3–4-й отмечено снижение; сбор составил 8,0–19,6 т/га. Сравнение данных по каждому из них показало, что все они снизили свою продуктивность в разной степени – от 32 до 72%, что указывало на существенное отличие между ними и позволило разделить на 3 группы, отразив их преимущество по типу целевого применения в условиях Тюменской области: **I.** *Сенокосное* – образцы с максимальной продуктивностью зеленой массы в 1-й год пользования (28–30 т/га) и ее значительным снижением к 4-му году пользования на 68–72%; подойдут для кратковременного использования в полевых севооборотах (‘Лангепас’ St.; 7–1–67; 10–1–15; 19–3–37). **II.** *Сенокосно-пастбищное* – образцы со средней продуктивностью в 1-й год пользования (24–27 т/га) и средним уровнем снижения к 4-му году пользования; на 42–64% могут быть использованы в кормовых севооборотах в течении 5–7 лет (‘Аргонавт’; ‘Ингаир’; ‘Степаша’; ‘Ярило’; 7–1–54; 15–2–63; 4–4–17; 7–4–49; 4–2–20). **III.** *Пастбищное* – образцы с низкой продуктивностью в 1-й год пользования (20–23 т/га) и медленным уровнем снижения к 4-му году пользования на 39–50% – для длительного использования при создании пастбищ, газонов специального назначения, в рекультивации нарушенных земель (‘Свердловский 38’; ‘Зауралец’; 5–3–8; 1–11).

Ключевые слова: образец, год пользования, продуктивность, высота и облиственность растений, количество и вес побегов.

Background. The primary specialization branches of agriculture in Tyumen Province are plant production and dairy farming, with cattle husbandry being lately introduced, which implies a demand for feed crops, in particular perennial grasses, among which smooth brome (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) is the most widespread. With such demand in mind, the Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Urals has been engaged in studying pasture grasses in order to find and develop new lines adaptable to local conditions. The purpose of the study was to examine the dynamics in forage productivity of smooth brome for a 4-year period of utilization to produce varietal characteristics of the breeding material. **Materials and methods**. Observations were carried out in 2014–2017 in a competitive testing nursery (CTN) set up for smooth brome plants sown in 2013. Cultivars and breeding lines, 17 accessions in total, were the material of the study. Their herbage yield was analyzed for 4 years when the grass stand was utilized (5 years of life). The accessions were classified into productivity groups and according to their utilization possibilities. **Results and conclusions**. Over the 4-year period of utilization in the CTN, the smooth brome accessions were distributed into 6 productivity groups according to the amounts of herbage collected – from 8 to 30 t/ha (with an interval of 4 t/ha). In the 1st and 2nd years of testing, the yield was in the range of 21.3–30 t/ha; in the 3rd and 4th years, there was a decrease to 8.0–19.6 t/ha. Comparison of the data for each of the accessions showed that all of them reduced their productivity to varying degrees – from 32 to 72%, the evidence of a significant difference between them. Thus, it became possible to divide them into 3 groups, reflecting their advantages in the context of targeted utilization in the environments of Tyumen Province: I. *Haymaking group*: accessions with the highest herbage yield in the 1st year of utilization (28–30 t/ha) and its significant decrease by 68–72% to the 4th year of utilization may be suitable for short-term use in field crop rotations (the reference ‘Langepas’; 7-1-67; 10-1-15; 19-3-37). II. *Haymaking-grazing group*: accessions with medium productivity in the 1st year of utilization (24–27 t/ha) and its moderate reduction by 42–64% to the 4th year of utilization can be used in forage rotations for 5–7 years (‘Argonavt’; ‘Ingair’; ‘Stepasha’; ‘Yarilo’; 7-1-54; 15-2-63; 4-4-17; 7-4-49; 4-2-20). III. *Grazing group*: accessions with low productivity in the 1st year of utilization (20–23 t/ha) and its slow decline by 39–50% to the 4th year of utilization are promising for long-term exploitation when pastures are established, or special-purpose lawns are sown, or disturbed lands are recultivated (‘Sverdlovsk 38’; ‘Zauralets’; 5-3-8; 1-11).

Key words: accession, year of utilization, productivity, height and leafiness of plants, number and weight of shoots.

Введение

Климатические условия Тюменской области можно считать вполне благоприятными для выращивания большинства культур. Преобладающими почвами здесь являются серые лесные, они наиболее освоены под сельскохозяйственные цели (Karetin, 1990).

Тюменская область обладает развитым агропромышленным комплексом; отраслями преимущественной специализации являются растениеводство, молочное животноводство; поголовье молочных коров превышает 55 тыс. голов (Gorokhov, 2014). С 2008 г. в области внедряется отрасль мясного скотоводства, чему способствуют обширные площади сенокосов и пастбищ, составляющие около 2 млн га, или 56% от общей площади сельскохозяйственных угодий (Betlyaev, 2013). Расширение посевных площадей под нужды животноводства предполагает спрос на кормовые культуры, в частности многолетние травы. Среди многолетних злаковых трав наибольшее распространение имеет кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) – культура с высокой экологической пластичностью, отличающаяся высокой засухоустойчивостью и зимостойкостью, способностью к возделыванию как в условиях лесостепи Западной Сибири, так и в условиях тайги Восточной Сибири и тундры Западного Ямала (Andreev, 1991; Kashevarov et al., 2015). Кострец безостый является злаком с медленным типом развития и имеет различную интенсивность кущения по годам жизни: в первый год жизни образует 8–12 побегов на растении, далее идет возрастание их количества до третьего-четвертого годов жизни, а в дальнейшем происходит снижение, что отражается на сборе сухого вещества (Lebedev, 1968; Osipova et al., 2013). В полевых севооборотах может выращиваться в течение 2–3-х лет, в кормовых – 5–7 лет, при хорошей технологии и правильном использовании – 15 лет (Goncharov, 1992; Andreev, 1991).

Улучшение качества культур следует искать не столько в способах агротехники, сколько в создании соответствующих сортов и их высокой приспособленности к среде, поскольку экологическая устойчивость сорта оказывает решающее влияние на реализацию показателей качества урожая в неблагоприятных (и особенно нерегулируемых) условиях внешней среды (Zhuchenko, 1988). В НИИСХ Северного Зауралья изучение лугопастбищных злаковых трав проводится с 1983 г., итогом работы являются сорта костреца безостого, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ, – 'Лангепас' (1998 г.); 'Аргонавт' (2007 г.); 'Степаша' (2009 г.); 'Зауралец' (2017 г.) (Sheveleva, 2006; Lipovtsyna, 2016).

В связи с востребованностью культуры продолжается работа по поиску и созданию новых высокопродуктивных линий, проводится отбор образцов наиболее адаптивных к местным условиям.

Целью настоящего исследования являлось наблюдение за динамикой урожайности зеленой массы в КСИ костреца безостого за 4-летний период использования травостоя для определения их сортовых особенностей.

Материалы и методы

Наблюдения проводили в 2014–2017 гг. на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья, расположенном в III агроклиматическом районе Тюменской области, который характеризуется как средне континентальный, умеренно увлажненный. Сумма положительных температур за период активной вегетации составляет 1860°С. Продолжительность безморозного периода со среднесуточной температурой воздуха выше +5°С равна 160 дням (Karetin, 1990). Погодные условия в годы проведения исследований были благоприятными для роста и развития изучаемой культуры. Периоды основного роста зеленой массы до 1-го укоса (III декада июня) во все годы были теплыми, с достаточным количеством осадков в большинстве месяцев (табл. 1); периоды засухи отмечены дважды – в июне 2014 г. (ГТК Селянинова = 0,5) и мае 2016 г. (ГТК = 0,16).

Таблица 1. Метеорологические условия 2014–2017 гг. (ГТК Селянинова; сумма эффективных t > 5С°, % к среднемноголетней) данные ГМОст. Тюмень

Table 1. Meteorological conditions of 2014–2017 (Selyaninov's hydrothermal coefficient [HTC]; sum of effective temperatures > 5C°, % of the mean for many years), Tyumen weather station

Месяц	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Май	ГТК = 1,6 t – 132%	ГТК = 1,19 t – 126%	ГТК = 0,16 t – 158%	ГТК = 2,02 t – 97%
Июнь	ГТК = 0,5 t – 115%	ГТК = 1,43 t – 125%	ГТК = 1,08 t – 135%	ГТК = 2,10 t – 105%

Почва опытного поля – серая лесная, оподзоленная, тяжелосуглинистая: гумус 3,4%; общий азот 0,14%; общий фосфор 0,13%; общий калий 0,35%; $pH_{сол}$ – 5,1; ГК – 3,0–5,2 мг×экв/100 г почвы; сумма погл. основ. – 20–24 мг×экв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями 80–82%. Пахотный слой почвы характеризуется низким содержанием нитратного азота 2,2–3,9 мг/100 г почвы, средним содержанием подвижного фосфора 5,0–7,0 и обменного калия 6,5–9,0.

Объектом исследований являлись сорта и селекционные линии (17 образцов) костреца безостого питомника конкурного сортоиспытания (КСИ) посева 2013 г:

'Лангепас' (стандарт – St.) – сорт собственной селекции, создан методом индивидуального отбора из дикорастущих форм Алтайского края. Характеризуется высокой зимостойкостью и сбором зеленой массы. Внесен в Государственный реестр РФ в 1998 г., зарегистрирован по 6 регионам.

***'Аргонавт', 'Степаша'* –** сорта собственной селекции, созданы путем обработки семян исходной формы 'Свердловский 38' мутагеном ДМС 0,02%, зарегистрированы по 10 региону РФ в 2007 и 2009 гг.

***'Свердловский 38'* –** сорт селекции Уральского Аграрного Федерального научно-исследовательского центра

и Челябинского НИИСХ, зарегистрирован по 7 регионам РФ с 1971 г.

'Зауралец' – сорт собственной селекции, создан путем обработки семян исходной формы 'Свердловский 38' мутагеном ДМС 0,02% с последующим индивидуальным отбором. Внесен в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений РФ в 2017 г, патент № 9181.

'Ингаир', 'Ярило' **–** сорта собственной селекции, передавались на ГСИ в 2006–2007 гг., не имели превышения над стандартом, являются источниками нового исходного материала.

Селекционные образцы – собственный материал устойчивых популяций, включающий гибридные линии и отборы.

Посев производился во II декаду мая 2013 г., предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 20 м^2. Повторность четырехкратная. Норма высева – 2,0 г/м^2. Учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам (Novoselov et al., 1997).

Высота травостоя (см) измерялась во время 1-го укоса.

Урожайность зеленой массы (кг/м^2) определяли путем скашивания вручную в III декаде июня.

Масса 100 побегов (г), облиственность (%) определялись из растений пробного снопа

Густота травостоя (шт./м^2) определена расчетным способом исходя из массы 100 побегов и урожайности с 1 м^2.

Экспериментальный материал обработан статистически (Dospekhov, 1985).

Результаты и обсуждение

Метеорологические условия в годы проведения исследований от времени весеннего отрастания (I декада мая) до времени 1-го укоса (III декада июня) были теплыми, с достаточным количеством осадков в большинстве месяцев, благоприятными для роста и развития костреца безостого, получения хорошего урожая зеленой массы. Периоды с низкой влагообеспеченностью отмечены дважды – в июне 2014 и мае 2016 г. Недостаток влаги повлиял на содержание сухого вещества: в 2014 г. при ГТК = 0,5 его содержание было минимальным – 29,3%; в 2016 г. при ГТК = 0,16 составило 36,3%; в благоприятных условиях 2015–2017 гг. содержание сухого вещества было на уровне 43% (см. табл. 1).

Очевидно, что засуха в мае 2016 г. имела менее отрицательные последствия в содержании сухого вещества, чем засуха в июне 2014 г. – месяце сбора зеленой массы. Влияние погодных условий отмечено также на показатель «высота растений». В условиях засушливого июня 2014 г. высота растений во время укоса была самой низкой – 112–116 см. В 2015 г., когда период роста характеризовался высокой тепло- и влагообеспеченностью, высота растений была максимальной – 146–153 см за время наблюдений.

Урожайность зеленой массы является определяющей при характеристике сортов многолетних трав, по ее ежегодным изменениям определены сортовые особенности изучаемых образцов, которые проявились между вариантами с 1-го года пользования. Максимальная урожайность зеленой массы была получена в 2014 г. (1-й год пользования) и составила в среднем по опыту 25,6 т/га; на 2-й год пользования наблюдалось снижение до 23,3 т/га (6,6%). На 3-й год пользования травостоя общий сбор зеленой массы снизился еще на 43,7% и составил 14,4 т/га. На 4-й год пользования уровень сбора зеленой массы высоко- и низкопродуктивных образцов был практически одинаковым и в среднем составил 11,4 т/га, что на 55% ниже, чем в 1-й год пользования травостоя (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность зеленой массы костреца безостого, т/га (НИИСХ Северного Зауралья, 2014–2017 гг.)

Table 2. Herbage yield of smooth brome, t/ha (Res. Inst. of Agric., N. Trans-Urals; 2014–2017)

Сорт/ селекционный образец	Год урожая / год пользования (г. п.)				
	2014 / 1-й г. п.	2015 / 2-й г. п.	2016 / 3-й г. п.	2017 / 4-й г. п.	
					недостаток к 1 г. п., %
Лангепас (St.)	28,0	24,0	15,0	10,0	–64
Аргонавт	26,0	24,7	13,7	11,0	–58
Степаша	25,0	24,0	15,3	9,0	–64
Свердловский 38	23,0	24,7	13,7	12,0	–48
Ингаир	26,0	21,7	11,0	10,3	–60
Ярило	24,0	21,3	9,0	11,0	–54
Зауралец	22,0	24,7	11,0	11,0	–50
4-2-20	24,0	25,7	15,6	14,0	–42
4-4-17	25,0	25,3	12,0	15,0	–40
5-3-8	23,0	26,7	17,0	13,0	–44
7-1-54	26,0	23,7	16,7	15,0	–42
7-1-67	30,0	23,0	15,0	9,6	–68
7-4-49	25,0	25,7	13,0	9,6	–62
10-1-15	30,0	23,7	15,0	11,0	–63
15-2-63	27,0	22,0	18,0	11,0	–59
19-3-37	29,0	24,7	15,0	8,0	–72
1-11	23,0	21,3	19,6	14,0	–39
СРЕДНЕЕ	**25,6**	**23,9**	**14,4**	**11,4**	
НСР$_{05}$	2,3	1,5	2,2	1,5	

За 4 года пользования образцы костреца безостого по сбору зеленой массы имели 6 групп продуктивности от 8 до 30 т/га с интервалом 4 т/га. В 1–2-й годы пользования урожайность зеленой массы находилась в диапазоне 21,3–30 т/га, на 3–4-й произошло снижение – сбор составил 8,0–19,6 т/га. Сравнение данных по образцам показало, что между ними наблюдается существенное отличие, так как снижение продуктивности проявилось в разной степени – от 32 до 72%. Отмечено, что наибольшее снижение за 4-летний период было у образцов, обеспечивших высокий сбор зеленой массы в 1-й год пользования (28–30 т/га) – 'Лангепас', 7-1-67, 10-1-15, 19-3-37; по завершении наблюдений их сбор уменьшился на 63–72%. Образцы со средней урожайностью в 1-й год пользования (22–25 т/га) имели в последующие годы меньший уровень снижения, что позволило им в завершающий год наблюдений иметь одинаковый уровень продуктивности с лучшими линиями.

Распределение образцов по группам изменчивости среди показателей структуры урожая дало представление о том, за счет чего формировалась продуктивность в каждый год испытаний. Ежегодное изменение показателей высоты, облиственности, числа побегов и их мощности в сторону увеличения или уменьшения происходило у всех образцов; одновременно прослеживались направленные изменения всего агроценоза и частные, среди вариантов.

Для характеристики количественной изменчивости изучаемых образцов проведена математическая обработка цифрового материала путем сгруппированного распределения частот по основным показателям продуктивности (табл. 3, 4).

Таблица 3. Статистическая характеристика выборки 17 образцов костреца безостого по продуктивности (НИИСХ Северного Зауралья, 2014–2017 гг.)

Table 3. Statistical description of 17 smooth brome accessions in terms of their productivity (Res. Inst. of Agric., N. Trans-Urals; 2014–2017)

Показатель	Год урожая / год пользования (г. п.)			
	2014 / 1-й г. п.	2015 / 2-й г. п.	2016 / 3-й г. п.	2017 / 4-й г. п.
Средняя арифметическая, т/га	25,0	24,0	13,2	10,4
Дисперсия	8	3,05	6,87	4,07
Стандартное отклонение, т/га	2,8	1,75	2,62	2,0
Коэффициент вариации, %	11,2	7,28	19,8	19,2
Абсолютная ошибка средней, т/га	0,68	0,42	0,63	0,48
Относительная ошибка средней, %	2,74	1,76	4,81	4,7
Доверительный интервал для среднего значения, т/га	23,5÷26,4	23,1÷24,9	11,9÷14,5	9,39÷11,4
Степень свободы 16; $t_{0,05}$ = 2,12				

За 4 года пользования по урожайности зеленой массы нормальное распределение было в 1-м и 3-м году пользования, когда более половины образцов находились в доверительных интервалах среднего значения – 23,5÷26,4 (9 образцов), 11,9÷14,5 (10 образцов). Во 2-й и 4-й год пользования наблюдалось асимметричное распределение. Во 2-м году пользования асимметрия смещалась в сторону увеличения частот, в 4-м – в сторону уменьшения. Наибольшее стандартное отклонение между образцами было в 1-м (2,8 т/га), наименьшее во 2-м году пользования (1,75 т/га). Судя по коэффициенту вариации, изменчивость была незначительной во 2-м (7,28%), и средней в остальные годы пользования (выше 10%, но менее 20%). На рисунке 1 представлена гистограмма распределения урожайности зеленой массы костреца безостого.

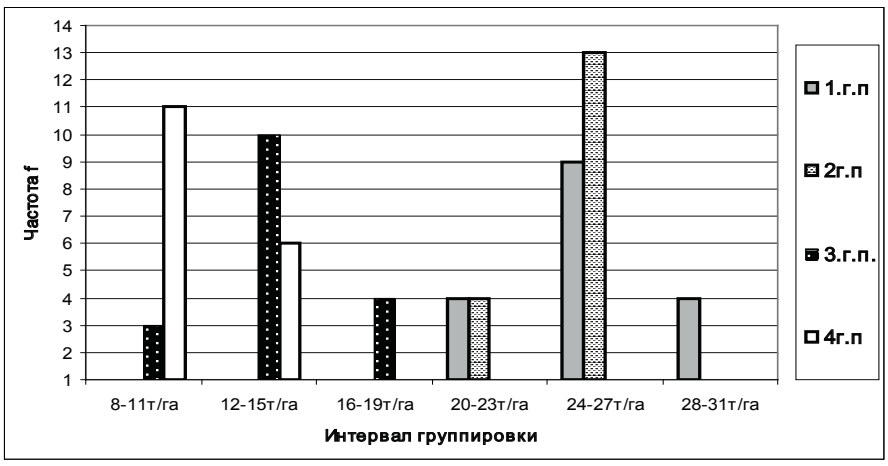


Рис. 1. Распределение 17 образцов костреца безостого по продуктивности зеленой массы (НИИСХ Северного Зауралья, 2014–2017 гг.)

Fig. 1. Grouping of 17 smooth brome accessions according to their herbage yield (Res. Inst. of Agric., N. Trans-Urals; 2014–2017)

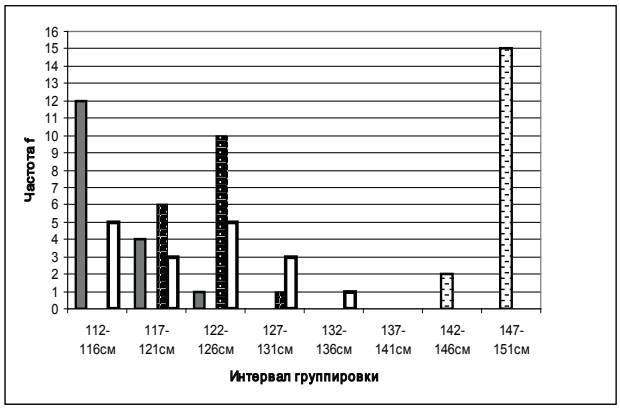
При рассмотрении статистических характеристик показателей структуры зеленой массы отмечается незначительная изменчивость признаков высоты растений и облиственности; коэффициент вариации не превышает 10%. Значительная изменчивость была у признака «плотность травостоя» в 3-й и 4-й годы пользования – коэффициент вариации превышал 20%. Отмечено увеличение стандартного отклонения в 4-й год пользования у признаков «высота растений» (6,4 см), «масса 100 побегов» (67,9 см) и его уменьшение у признака «плотность травостоя» (со 120 до 93,9 шт./м^2). Наибольшая дисперсия (вариация) отмечена у признаков «масса 100 побегов» и «плотность травостоя». На гистограммах, отображающих интервалы изменчивости по признакам «высота растений», «облиственность» и др. (рис. 2), видно, что они имеют асимметричные распределения за весь период наблюдений, что в данном случае можно объяснить тем, что в КСИ входят лучшие образцы, которые по хозяйственно полезным характеристикам приближаются к сорту-стандарту, следовательно, имеют схожие с ним параметры. Наибольшую информацию из рисунка 2 можно получить о том, как образцы группировались по показателям с течением времени. Каждый год пользования характеризовался своим интервалом группировки. В 1–3-й годы пользования образцы распределялись более стабильно на 3–4 группы, в 4-й год пользования отмечено образование как 5, так и 2–3 групп. На рисунке можно наблюдать, что встречаются группы с одинаковым количеством входящих в них образцов (2, *б* – 3-й г. п; 2, *в* – 4-й г. п).

По имеющимся данным составлена подробная характеристика травостоя за каждый год пользования.

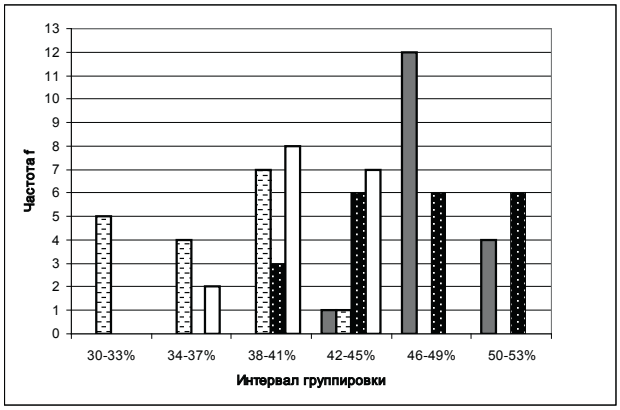
Таблица 4. Статистическая характеристика качественной изменчивости показателей структуры зеленой массы костреца безостого (НИИСХ Северного Зауралья, 2014–2017гг.)

Table 4. Statistical description of qualitative variation in herbage structure indicators for smooth brome accessions (Res. Inst. of Agric., N. Trans-Urals; 2014–2017)

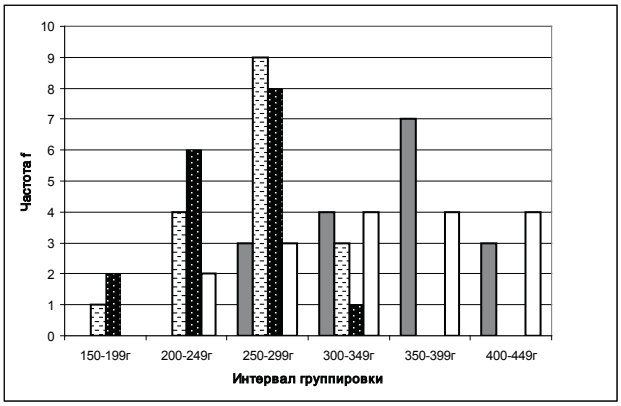
Показатель	Показатели структуры			
	Год урожая / год пользования (г. п.)			
	2014 / 1-й г. п.	2015 / 2-й г. п.	2016 / 3-й г. п.	2017 / 4-й г. п.
	Высота растений, см			
Средняя арифметическая, см	115,7	148,4	122,5	121,6
Дисперсия	9,19	2,38	8,63	40,9
Стандартное отклонение, см	3,03	1,54	2,94	6,4
Коэффициент вариации,%	2,62	1,04	2,39	5,26
Абсолютная ошибка средней, см	0,73	0,37	0,71	1,55
Относительная ошибка средней, %	0,63	0,25	0,58	1,27
Доверительный интервал для среднего значения, см	114,2÷ 116,8	147,6÷ 149,1	121,0÷ 124,0	118,3÷ 124,9
	Облиственность, %			
Средняя арифметическая, %	47,7	35,9	44,6	40,2
Дисперсия	4,46	14,7	14,11	7,53
Стандартное отклонение, %	2,11	3,83	3,75	2,74
Коэффициент вариации, %	4,44	10,7	8,4	6,82
Абсолютная ошибка средней, %	0,51	0,92	0,91	0,66
Относительная ошибка средней, %	1,07	2,59	2,04	1,65
Доверительный интервал для среднего значения, %	46,6÷48,8	33,9÷37,8	42,7÷56,5	38,8÷41,5
	Масса 100 побегов, г			
Средняя арифметическая, г	353,4	265,2	247,5	338,8
Дисперсия	2581	1636	1599	4614
Стандартное отклонение, г	50,8	40,6	39,9	67,9
Коэффициент вариации, %	14,4	15,3	16,1	20,0
Абсолютная ошибка средней, г	12,3	9,8	9,69	16,5
Относительная ошибка средней, %	3,49	3,69	3,92	4,86
Доверительный интервал для среднего значения, г	327,3÷ 379,4	244,4÷ 285,9	227,0÷ 268,0	303,9÷ 373,8
	Плотность травостоя, шт./м^2			
Средняя арифметическая, шт./м^2	722,5	957,8	616,6	357,8
Дисперсия	14412	33823	30294	8823
Стандартное отклонение, шт./м^2	120,0	183,9	174,0	93,9
Коэффициент вариации, %	16,6	19,2	28,2	26,6
Абсолютная ошибка средней, шт./м^2	29,1	44,6	42,2	22,8
Относительная ошибка средней, %	4,0	4,6	6,8	6,37
Доверительный интервал для среднего значения, шт./м^2	660,8÷ 784,2	863,3÷ 1052,3	527,0÷ 706,0	309,5÷ 406,1
Степень свободы 16; $t_{0,05}$=2,12				



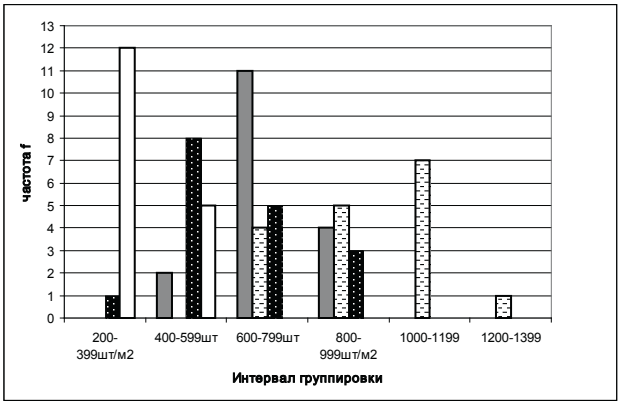
а – Высота растений, см



б – Облиственность, %



в – Масса 100 побегов



г – Плотность травостоя, шт./м²

Условные обозначения:

1-й г.п. **2-й г.п.** **3-й г.п.** **4-й г.п.**

Рис. 2. Распределение 17 образцов костреца безостого по показателям структуры зеленой массы (НИИСХ Северного Зауралья, 2014–2017гг.)

Fig. 2. Grouping of 17 smooth brome accessions according to their herbage structure indicators (Res. Inst. of Agric., N. Trans-Urals; 2014–2017)

Травостой 1-го года пользования отличался равномерностью, с интервалом между образцами до 8 см. Высота большинства образцов (12) составляла 112–116 см. Количество побегов у 11 вариантов – 600–800 шт./м². Мощность побегов 14-ти образцов составляла 275–399 г; образцы с низкой плотностью растений (500–600 шт./м²) имели более мощные побеги, вес 100 шт. которых превышал 400 г. Практически у всех сортов отмечалась хорошая облиственность (46–51%). В 1-й год пользования формирование зеленой массы происходило в условиях засухи, что обусловило самую низкую высоту растений и самое низкое содержание сухого вещества. Высокий сбор зеленой массы в 1-й год пользования был обеспечен хорошим побегообразованием и мощностью растений.

На 2-й год пользования равномерность травостоя сохранилась; растения всех образцов имели максимальную высоту за все время наблюдений – 146–153 см и минимальную облиственность растений – 30–40% (см. рис. 2, *б*). Число побегов увеличилось в зависимости от варианта на 3–122%. У образцов с количеством побегов в 1-й год пользования свыше 800 шт./м² побегообразующая способность проявилась меньше – увеличение составило 10–12%; при количестве побегов 701–800 шт./м² увеличение составило 23%; с количеством 601–700 шт./м² – 50%. Максимальное же увеличение побегов в сравнении с 1-м годом пользования отмечено у образцов с количеством побегов 500–600 шт./м²: оно приближалось к 100%. Общий сбор зеленой массы в питомнике на 2-й год пользования был обусловлен появлением большого числа новых побегов у вариантов с низкой плотностью травостоя (см. рис. 2, *г*).

На 3-й год пользования между образцами увеличился интервал по высоте от 118 до 129 (11 см). Облиственность растений была от средней до высокой – 40,7–51,2%. У всех вариантов отмечено уменьшение веса побегов (165–260 г); максимальный вес в 305 г отмечен у одного варианта. Количество побегов в сравнении с 1-м годом пользования сократилось на 19%; у первой половины образцов не превышало 600 шт./м², у второй составило 601–900 шт./м², что в сочетании с низким весом стеблей привело к общему снижению сбора зеленой массы на 3-й год пользования.

На завершающем этапе наблюдений, на ***4-й год пользования,*** наблюдалась изреженность травостоя, интервал по высоте увеличился до 18 см (112,8–130,9 см). Растения имели минимальное количество побегов за время наблюдений – у 12 образцов количество побегов составило 200–400 шт./м², у остальных – до 600 шт./м². Растения

были более мощными, чем в предыдущие годы – масса 100 побегов у половины сортов превышала 300 г, со средней облиственностью 37–45%. Резкое снижение количества стеблей слабо компенсировалось увеличением мощности растений, что показал минимальный сбор зеленой массы на 4-й год пользования (см. рис. 1; 2, *в*, *г*).

Изученные образцы костреца безостого за 5-летний срок жизни по уровню продуктивности можно разделить на 3 группы:

I. 4 образца с максимальной продуктивностью зеленой массы в 1-й год пользования (28–30 т/га) и ее значительным снижением в 4-й год пользования (на 68–72%) подойдут для кратковременного использования в полевых севооборотах – 'Лангепас' (St.); 7-1-67; 10-1-15; 19-3-37.

II. 9 образцов со средней продуктивностью в 1-й год пользования (24–27 т/га) и средним же уровнем снижения на 4-й год пользования (42–64%) могут быть использованы в кормовых севооборотах в течение 5–7 лет – 'Аргонавт'; 'Ингаир'; 'Степаша'; 'Ярило'; 7-1-54; 15-2-63; 4-4-17; 7-4-49; 4-2-20.

III. 4 образца с низкой продуктивностью в 1-й год пользования (20–23 т/га) и медленным уровнем снижения на 4-й год пользования (39–50%) пригодны для длительного использования при создании пастбищ, газонов специального назначения, в рекультивации нарушенных земель – 'Свердловский 38'; 'Зауралец'; 5-3-8; 1-11.

По целевому назначению в условиях Тюменской области варианты 1-й группы больше подходят для сенокосного использования, 3-й – для пастбищного. Самая многочисленная группа, в которую входят 9 образцов, подходит как для использования на сенокосные угодья, так и для создания культурных пастбищ.

Выводы

1. За период наблюдений 2014–2017 гг. урожайность зеленой массы костреца безостого питомника КСИ НИИСХ Северного Зауралья ежегодно снижалась у всех образцов. Средний уровень урожайности 1-го года пользования – 25,6 т/га – за 4-летний период пользования травостоя снизился на 55% – до 11,4 т/га.

2. Максимальное снижение продуктивности за 4-летний период отмечено у образцов, которые обеспечили наибольший сбор зеленой массы в 1-й год пользования – 28–30 т/га. Образцы со сбором зеленой массы 22–24 т/га в 1-й год пользования имели в последующие годы лучшее побегообразование, что позволило на 4-й год пользования иметь одинаковый уровень продуктивности с лучшими вариантами.

3. Ежегодное изменение показателей – высоты, облиственности, мощности и числа побегов – в сторону увеличения или уменьшения происходило одновременно в разной степени у всех образцов.

4. Изученные образцы костреца безостого за 5-летний срок жизни по уровню продуктивности можно разделить на 3 типа целевого применения в условиях Тюменской области:

I. *Сенокосное* – образцы с максимальной продуктивностью зеленой массы в 1-й год пользования (28–30 т/га) и ее значительным снижением в 4-й год пользования на 68–72% подойдут для кратковременного использования в полевых севооборотах – 'Лангепас' (St.); 7-1-67; 10-1-15; 19-3-37.

II. *Сенокосно-пастбищное* – образцы со средней продуктивностью в 1-й год пользования (24–27 т/га) и средним уровнем снижения на 4-й год пользования на 42–64% могут быть использованы в кормовых севооборотах в течение 5–7 лет – 'Аргонавт'; 'Ингаир'; 'Степаша'; 'Ярило'; 7-1-54; 15-2-63; 4-4-17; 7-4-49; 4-2-20.

III. *Пастбищное* – образцы с низкой продуктивностью в 1-й год пользования (20–23 т/га) и медленным уровнем снижения на 4-й год пользования (на 39–50%) – для длительного использования при создании пастбищ, газонов специального назначения, для рекультивации нарушенных земель – 'Свердловский 38'; 'Зауралец'; 5-3-8; 1-11.

References/Литература

Andreev N.G. Forage production with the basics of farming (Kormoproizvodstvo s osnovami zemledeliya). Moscow: Agropromizdat; 1991. [in Russian] (Андреев Н.Г. Кормопроизводство с основами земледелия. М.: Агропромиздат; 1991).

Betlyaev R.O. The development of beef cattle husbandry in Tyumen Province (Razvitiye myasnogo skotovodstva v Tyumenskoy oblasti). In: *Proceedings of the Scient. Session 'The development strategy for beef cattle husbandry and feed production in Siberia'* (*Materialy nauchnoy sessii "Strategiya razvitiya myasnogo skotovodstva i kormoproizvodstva v Sibiri"*). Tyumen; 2013; p.5-7. [in Russian] (Бетляев Р.О. Развитие мясного скотоводства в Тюменской области. В сб.: *Материалы науч. сессии "Стратегия развития мясного скотоводства и кормопроизводства в Сибири"*. Тюмень; 2013; с.5-7).

Goncharov P.L. Forage crops of Siberia: Biological and botanical conditions of cultivation (Kormovye kultury Sibiri: Biologo-botanicheskiye usloviya vozdelyvaniya). Novosibirsk: Novosibirsk University Publ.; 1992. [in Russian] (Гончаров П.Л. Кормовые культуры Сибири: Биолого-ботанические условия возделывания. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та; 1992).

Gorokhov A.A. Improvement of the regional investment policy in the agroindustrial complex (case study of Tyumen Province) (Sovershenstvovaniye regionalnoy investitsionnoy politiki v APK [na materialakh Tyumenskoy oblasti]). *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2014;2:9-14. [in Russian] (Горохов А.А. Совершенствование региональной инвестиционной политики в АПК (на материалах Тюменской области). *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014;2:9-14).

Dospekhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат; 1985).

Lipovtsyna T.P. The results of smooth brome (*Bromopsis inermis* Leyss.) breeding in the Northern Trans-Urals (Rezultaty selektsii kostretsa bezostogo [*Bromopsis inermis* Leyss.] v Severnom Zauralye). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agrarian Science of Euro-North East*. 2016:4(53):15-21. [in Russian] (Липовцына Т. П. Результаты селекции костреца безостого (*Bromopsis inermis* Leyss.) в Северном Зауралье. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016:4(53):15-21).

Novoselov Yu.K., Kireev V.N., Kutuzov G.P. et al. Guidelines for conducting field experiments with feed crops (Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kulturami). Moscow: Russ. Acad. of Agric. Sci.; 1997. [in Russian] (Новоселов Ю.К., Киреев В.Н.,

Кутузов Г.П. и др. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия; 1997).

Karetin L.N. Soils of Tyumen Province (Pochvy Tyumenskoy oblasti). Novosibirsk: Nauka; 1990. [in Russian] (Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука; 1990).

Kashevarov N.I., Tyuryukov A.G., Osipova G.M. The yield of the awnless bone in different climatic zones of Siberia (Urozhaynost kostretsa bezostogo v raznykh prirodno-klimaticheskikh zonakh Sibiri). *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2015;29(11):81-83. [in Russian] (Кашеваров Н.И., Тюрюков А.Г., Осипова Г.М. Урожайность костреца безостого в разных природно-климатических зонах Сибири. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(11):81-83).

Lebedev P.V. Manifestations of morphogenesis in meadow cereals (Proyavleniye morfogeneza lugovykh zlakov). *Uchenye zapiski Uralskogo gosudarstvennogo universiteta im. A.M. Gorkogo = Scientific Papers of the A.M. Gorky Ural State University*. 1968;73:107-140. [in Russian] (Лебедев П.В. Проявления морфогенеза луговых злаков. Ученые записки Уральского государственного университета им. А.М. Горького. 1968;73:107-140).

Osipova G.M., Fillipova N.I., Danilov V.P., Serikpaeva S.V. The influence of moisture supply and the age of the grass stand of awnless brome on the yield in different climatic zones (Vliyaniye vlagoobespechennosti i vozrasta travostoya kostretsa bezostogo na urozhaynost v raznykh prirodno-klimaticheskikh zonakh). *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2013;2:48-53. [in Russian] (Осипова Г.М., Филлипова Н.И., Данилов В.П., Серикпаева С.В. Влияние влагообеспеченности и возраста травостоя костреца безостого на урожайность в разных природно-климатических зонах. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2013;2:48-53).

Sheveleva T.L. Results and methods of breeding work with smooth brome in Tyumen Province (Rezultaty i metody selektsionnoy raboty s kostretsom bezostym v Tyumenskoy oblasti). *Fundamental Research*. 2006;7:29-31. [in Russian] (Шевелева Т.Л. Результаты и методы селекционной работы с кострецом безостым в Тюменской области. *Фундаментальные исследования*. 2006;7:29-31).

Zhuchenko A.A. Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic basics) (Adaptivny potentsial kulturnykh rasteniy [ekologo-geneticheskiye osnovy]). Kishinev: Ştiinţa; 1988. [in Russian] (Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев.: Штиинца; 1988).

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
Феоктистова Н.А. Влияние возраста травостоя на урожайность зеленой массы костреца безостого (*Bromopsis inermis*) в Тюменской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):30-37.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-30-37

Feoktistova N.A. The effect of the age of smooth brome (*Bromopsis inermis*) stands on their herbage yield in Tyumen Province. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):30-37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-30-37

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-30-37

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

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

МАСЛА КОНОПЛИ И ХЛОПЧАТНИКА ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ВИР КАК ИСТОЧНИК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-38-43
УДК 633.854; 633.863; 644.34
Поступление/Received: 27.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

HEMPSEED AND COTTONSEED OILS IN THE ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION AS SOURCES OF FUNCTIONAL FOOD INGREDIENTS

С. В. ГРИГОРЬЕВ[1], Т. В. ШЕЛЕНГА[1], К. В. ИЛЛАРИОНОВА[2]

[1] Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
✉ *s.grigoryev@vir.nw.ru*
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 197373 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50

S. V. GRIGORYEV[1], T. V. SHELENGA[1], K. V. ILLARIONOVA[2]

[1] N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
✉ *s.grigoryev@vir.nw.ru*
[2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (POLYTECH), 50 Novorossiyskaya Street, St. Petersburg 197373, Russia

Актуальность. Хлопчатник и конопля – востребованные в мире прядильные и масличные культуры для получения волокна различного назначения, масел, семян, жмыхов и шротов, костры, лекарственных и парфюмерно-косметических средств. В настоящий момент масла конопли и хлопчатника в РФ имеют ограниченное торговое предложение. Расширение сырьевой базы текстильной и пищевой промышленности за счет культивирования промышленных сортов конопли и хлопчатника может иметь значимую перспективу. Производство пищевого масла и семян для получения функциональных пищевых ингредиентов может способствовать повышению качественного уровня питания, сохранит и улучшит здоровье. **Материал и методы.** Исследован состав ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот масла семян конопли *Cannabis sativa* L., выращенных в условиях северо-западного Нечерноземья, и семян средневолокнистого и тонковолокнистого хлопчатника видов *Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L., полученных в Адлерском р-не Краснодарского края РФ. Изучение проводили с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией на хроматографе Agilent 6850 (США). Полученные результаты обрабатывались программами UniChrom и AMDIS. **Результаты и выводы.** Содержание омега-6 линолевой кислоты в масле конопли исследованных образцов достигало 64,2%, омега-3 альфа-линоленовой – 27,1%, мононенасыщенной олеиновой – 14,0%. Сумма ненасыщенных жирных кислот – 94,2%, полиненасыщенных – 87,2%. В сравнении с конопляным масло хлопчатника имело меньшую сумму полиненасыщенных кислот (максимум 58,0%). Максимум суммы ненасыщенных кислот – 79,0%. Олеиновой кислоты обнаружено до 22,7%. Выделены образцы конопли и хлопчатника – сорта и линии с высоким содержанием ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. Максимальная концентрация омега-6 линолевой кислоты в масле конопли (62,0%–64,2%) отмечена у образцов к-390 (LKCD), к-510 ('Днепровская 4') и к-109 ('Проскуровский'). Наличие омега-3 альфа-линоленовой триненасыщенной кислоты достигало 18,7–27,1% у образцов к-429 ('ЮСО 1'), к-581 ('Сурская') и к-355 (Мари). Содержание уникальной тетраненасыщенной стеаридониковой кислоты до 3,0% – у образца к-355 (Мари). У образцов хлопчатника и-0159127 (Тутум, *G. herbaceum*) и и-0159125 (Войтенок ФРТ) установлена максимальная сумма полиненасыщенных жирных кислот (54,0–58,0%), сумма насыщенных кислот – до 80% у и-0159127 (Тутум) и сорта 'Михайловский'. Образец и-0159126 (Тямин, *G. barbadense*) имел 55% линолевой кислоты при общей сумме ПНЖК 56%. Используя выделившиеся образцы в качестве исходного материала, возможно создание продвинутых специализированных сортов, имеющих в семенах и масле вещества или комплекс веществ, которые могут быть эффективны в снижении риска развития рака и сердечно-сосудистых заболеваний, снижении уровня холестерина, являться ценными добавками в корма сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: полиненасыщенные жирные кислоты; линолевая кислота, линоленовая кислота, функциональный пищевой продукт.

Background. Oils of hemp and cotton presently have reduced retail trade offer in Russia, but are widely produced and used. Industrial hemp is still cultivated and processed domestically. In the 1950s, industrial cotton was cultivated on a hundred thousand hectares in the country, and now there are signs of its restored growing. Both crops have the ability to restore the raw material base to produce textile fibers, seed and oil as well as the potential to improve functional food production, because they contain functional food ingredients in their oil capable of reducing human nutrition disorder risks, preventing or restoring nutrient deficiencies, preserving and improving health. **Materials and methods.** Unsaturated and polyunsaturated fatty acids' profiles of hempseed (*Cannabis sativa* L.) and cottonseed (*Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L.) oils were evaluated. Seeds were grown respectively under the conditions of the Russian North-West (hemp) and Adler District, Krasnodar Territory (cotton). The PUFA profile was measured using gas chromatography with mass spectrometry equipment (Agilent 6850, USA). All data were calculated using the UniChrom software. **Results and conclusions.** The content of the omega-6 linoleic acid in hemp accessions reached 64.2%; omega-3 alpha-linolenic acid, 27.1%; monounsaturated oleic acid, 14.0%. The sum of unsaturated acids was 94.2%; and that of polyunsaturated ones, 87.2%. Compared with hemp oil, cotton oil had a lesser sum of polyunsaturated (maximum 58.0%) acids, while its unsaturated acids were up to 79.0%. Oleic acid was found to reach 22.7% in cottonseed oil. Industrial cultivation of hemp and cotton in Russia need not be limited to textile fiber production, but may serve as a potential base of vegetable oils and food; just because of their PUFA contents, it is promising for the production of functional food ingredients, which have health benefits in reducing the risk of cancer and cardiovascular diseases, lowering the HDL cholesterol levels, and relaxing the smooth muscle cells in arteries, thus increasing the blood flow. Seed cake may be valuable addition to animal feed rations as well. As a result of the evaluations, valuable accessions (cultivars and lines) of hemp and cotton were identified. Although the selected accessions are not the products of previous breeding efforts aimed at the PUFA content improvement, they are promising source materials for the development of new cultivars with seeds enriched with compounds or sets of compounds that provide a beneficial effect on human health when included in the composition of food products (functional food ingredients).

Key words: polyunsaturated fatty acids, linoleic acid, linolenic acid, functional food.

Введение

Хлопчатник и конопля – широко востребованы в мире как прядильные и масличные культуры. В РФ масла конопли (State Standard GOST 8989-73, 2011) и хлопчатника (State Standard GOST 1128-75, 2011) имеют небольшое торговое предложение, хотя ранее производились в большом количестве. В СССР хлопковое масло широко использовалось населением, поскольку после подсолнечного оно являлось вторым по объему производства (706,5 тыс. т в 1981 г.). В постсоветский период предложение импортируемого хлопкового в условиях открытого рынка было незначительным, а выпуск конопляного масла по объективным причинам резко сократился. Современный ассортимент растительных масел в России весьма узок. Наибольшее торговое предложение имеют оливковое масло и подсолнечное, а такие как соевое, кукурузное, рапсовое и др. представлены менее 4–8% ассортимента (Illarionova, Grigoryev, 2016).

Перспективы культивирования хлопчатника в Астраханской обл., Краснодарском и Ставропольском краях РФ показаны рядом авторов (Grigoryev, 2004; Podolnaya et al., 2015). К возделыванию допущены 10 отечественных сортов, внесенных в государственный реестр (Plant varieties…, 2018).

Промышленная конопля фигурирует в современном промышленном товарообороте РФ, а пищевое масло, получаемое из семян, имеет государственный стандарт (State Standard 8989-73, 2011). Двадцать семь сортов и гибридов конопли допущены к промышленному использованию в РФ (Plant varieties…, 2018). Ведется скрининг источников признаков высокой продуктивности, качества масла и семян для развития селекции культуры (Grigoryev, 2004). Скорейшее восстановление посевных площадей под коноплей в РФ очевидно, поскольку в близлежащих странах Евросоюза в 2017 г. площадь под коноплей для выработки текстиля, семян и масла для функциональных пищевых продуктов (ФПП) и фармацевтических препаратов достигла 33 тыс. га (Small, 2017).

Хлопчатник и конопля актуальны и перспективны в расширении сырьевой базы РФ для получения как текстиля, так и масла, семян в качестве источников ФПП – группы продуктов с высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) – физиологически активных, ценных и безопасных для здоровья ингредиентов (State Standard GOST R 52349-2005, 2005), которые обладают свойствами снижения риска развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающими или восполняющими дефицит питательных веществ. ФПИ обладают способностью оказывать положительный эффект на одну или несколько физиологических функций, влиять на процессы обмена веществ. В числе других в перечне ФПИ – полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК, PUFA), конъюгированные изомеры линолевой кислоты (CLA) и др. Для получения ФПИ, рекомендованы растительные масла с высоким содержанием омега-6 линолевой кислоты, экономически более выгодные, чем иные источники (Laakso et al., 2005; Vahvaselkä, et al., 2018).

ФПП и ФПИ играют значимую роль в здоровом питании. Исследованиями показана взаимосвязь психического состояния и функции пищеварительной системы (Aslam et al., 2018). Психические расстройства, депрессии и раздражительность у человека часто сопутствуют проблемам с кишечником. Обнаружена взаимозависимость воспаления, иммунной активации, дисфункций в гипоталамо-гипофизарно-надпочечной оси, нейротрансмиттерной/нейропептидной дисрегуляции, что обусловлено проблемами диеты и микробиоценоза кишечника. Потенциал позитивной модуляции цепи взаимного влияния «микробиоз кишечника – работа мозга – психическое здоровье» посредством употребления функциональных пищевых продуктов весьма актуален. ФПИ позитивно функционируют в желудочно-кишечном тракте, улучшают микробиологическую среду кишечника, влияют на транслокацию эндотоксинов и последующую иммунную активацию. Например, CLA аналогично метаболитам *Lactobacillus* оказывает разноплановое положительное воздействие на здоровье человека, обладает противовоспалительным, антиокислительным и антиканцерогенным действием (Peng et al., 2018; Roura-Guiberna et al., 2018).

Сообщается (Fontes et al., 2018), что конъюгированные жирные кислоты (CFA) – изомеры линолевой и линоленовой кислот (CLA и CLNA), как и ПНЖК, могут позитивно модулировать процессы воспаления и энергетического метаболизма, способствуя антиканцерогенному и антиоксидантному эффектам. Показано (Li et al., 2018), что ненасыщенные жирные кислоты (ННЖК) – линоленовая, линолевая, олеиновая, докозапентаеновая так же, как и CFA, оказывают позитивное влияние на процессы метаболизма в сердечно-сосудистой системе человека («cardiometabolic health»).

CLA представляет собой группу изомеров линолевой кислоты, из которых биологической активностью обладают два: цис-9, транс-11 и транс-10, цис-12 (Laakso et al., 2005). В тканевых культурах клеток человека CLA способна ингибировать развитие раковых клеток, действуя на различные стадии онкогенеза, многочисленные факторы роста и, возможно, также на метаболизм канцерогенных веществ в печени. Возможно, CLA действует как антиоксидант, защищая клеточные мембраны от негативного действия свободных радикалов. Был исследован эффект снижения холестерина и обнаружено, что соединение не снижает количество «хорошего» липопротеина с высокой плотностью (HDL), как это делают препараты, снижающие уровень холестерина.

Масла сафлора, кукурузы, подсолнечника позиционируются как источники ПНЖК (Vahvaselkä et al., 2018). Семя льна также в числе обсуждаемых источников ФПП в связи с наличием в нем омега-6 (линолевая) и омега-3 (α-линоленовая) жирных кислот, которые эффективны в снижении риска сердечно-сосудистых заболеваний, уровня холестерина, расслаблении гладких мышечных клеток артерий, что увеличивает кровоток. Однако семена льна содержат антиметаболические соединения – линатин, фитиновые кислоты, ингибиторы протеазы и цианогенные гликозиды, что является серьезной проблемой. Клинические исследования показали (Dzuvor et al., 2018), что потребление этих соединений может привести к проблемам усвояемости основных питательных веществ и осложнений у человека и сельскохозяйственных животных. Для безопасного использования семян льна в пищу или животным в корм эти компоненты должны быть удалены или инактивированы до физиологически неопределяемых пределов (Dzuvor et al., 2018; Roulard et al., 2017).

Хлопчатник является не только основным источником текстильного волокна в мире, но и семян. На тонну полученного хлопкового волокна без дополнительных финансовых затрат производится 1,6 т семян в качестве побочного продукта, что является значимым резервом культуры. Ежегодный объем мирового производства хлопковых семян оценивается в 48,5 млн т (Ledbetter, 2019). Производство хлопка также может потенциально обеспечить потребности в белке полмиллиарда человек в год. Лимитом в использовании хлопкового семени может быть антипитательный полифенол госсипол. Однако современные

сорта хлопчатника имеют невысокий его уровень, а процессы производства хлопкового масла и жмыха позволяют практически исключить госсипол из состава конечного продукта (Taghvaei et al., 2015).

Перспективы расширения культивирования промышленных конопли и хлопчатника предполагают создание и расширение разнообразия возделываемых сортов по направлениям практического использования, которое возможно лишь при всесторонней изученности мирового генофонда культур, сосредотачиваемого в коллекциях ВИР. Последнее – основная *цель* и задача настоящего исследования.

Материалы и методы

Исследован жирнокислотный состав (ЖКС) масла семян образцов конопли *Cannabis sativa* L. каталога ВИР, выращенных в 2014–2015 гг. на научно-производственной базе (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в почвенно-климатических условиях северо-запада Нечерноземья (подзона таежно-лесной зоны), для которых характерен переход морского климата к слабо континентальному. Почвы на полях проведения опытов дерново-подзолистые на моренных суглинках средней окультуренности.

ЖКС масла хлопчатника изучали на семенах образцов линий средневолокнистого и тонковолокнистого хлопчатника видов *Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L. каталога ВИР, выращенных в филиале Адлерская ОС ВИР в Адлерском р-не Краснодарского края РФ в 2014–2015 гг. Климат района влажный субтропический. Почвы в местах возделывания хлопчатника желтоземные бурые лесные (кислые оподзоленные, слабоненасыщенные остаточно-карбонатные), местами бесструктурные, малопродуктивные, с высоким содержанием мелких глинистых фракций.

ЖКС масла семян конопли и хлопчатника изучали с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией на хроматографе Agilent 6850 (США). Подготовку проб проводили по методикам, принятым в ВИР (Ermakov, 1972). Метиловые эфиры ЖК разделяли на колонке Omegawax TM 250, США (30,0 м, 250,00 мкм, 0,25 мкм), программа нагрева: от +170°C до +220°C, скорость 3°C/мин, температура детектора +250°C, скорость гелия 1,5 мл/мин. Полученные результаты обрабатывались с помощью программ UniChrom и AMDIS.

Результаты и обсуждение

Содержание омега-6 линолевой кислоты в масле конопли исследованных образцов варьировало от 53,4% (к-355) до 64,2% (к-109). Высокое содержание (62,0–63,0%) было также обнаружено у образцов к-390 и к-510 (табл. 1).

Содержание омега-3 альфа-линоленовой триненасыщенной кислоты в минимуме составило 12,6% (к-390) и достигало максимума 18,7–27,1% у образцов к-429, к-581 и к-355. Масло образцов конопли также содержит гамма-линоленовую кислоту в количествах от минимального 0,6% (к-510) до 3,7–5,1% у образцов к-148, к-355, к-362.

Масло конопли имеет в своем составе уникальную тетраненасыщенную стеаридониковую кислоту, которая не встречается в иных растительных маслах промышленных масличных культур. Количество ее варьирует от 0,4% (к-510) до 3,0% (к-355).

Максимальное содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты в масле образцов конопли составило 12,4–14,0% (к-460, к-362).

Таблица 1. Содержание ненасыщенных жирных (НЖК) кислот в масле семян образцов конопли. Репр. НПБ Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР, 2014–2015 гг. (не приведены кислоты с минорным содержанием)

Table 1. Content of unsaturated fatty acids in seed oil of hemp accessions. Repr.: Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2014–2015 (some acids with minor content omitted)

№ каталога ВИР	Название, происхождение	Жирные кислоты						
		18:11	18:22	α-18:33	γ-18:34	18:45	∑u.s.6	∑p.u.s.7
109	Проскуровский	9,9	64,2	14,9	1,7	0,6	89,2	81,3
148	Местная, Алтай	8,8	59,6	14,1	5,1	1,3	89,4	80,0
355	Местная, Мари	5,9	53,4	27,1	3,7	3,0	94,2	87,2
362	Местная, Удмуртия	14,0	56,0	13,6	4,0	1,0	89,2	74,5
390	LKCD, Польша	10,6	62,0	12,6	2,5	1,0	89,2	78,1
429	ЮСО 1	9,0	56,5	18,7	3,7	1,7	90,2	80,6
460	ЮСО 4	12,4	60,8	15,1	1,1	0,7	90,8	77,8
496	ЮСО 12	12,2	60,8	14,8	1,7	1,0	91,1	78,3
506	ЮСО 22	9,7	57,1	18,7	2,5	1,4	90,2	79,7
510	Днепровская 4	10,6	63,0	16,7	0,6	0,4	91,8	80,7
581 (st.)	Сурская, РФ	8,8	57,5	19,4	2,3	1,3	89,8	80,4
$НСР_{05}$		1,7	1,4	2,1	0,7	0,1	–	–

Примечания: 1 – олеиновая, 2 – линолевая (омега-6), 3 – альфа-линоленовая (омега-3), 4 – гамма-леноленовая (омега-3), 5 – стеаридониковая (омега-3), 6 – сумма ненасыщенных кислот, 7 – сумма полиненасыщенных кислот, st. – стандарт

Notes: 1 – oleic; 2 – linoleic (omega-6); 3 – alpha-linolenic (omega-3); 4 – gamma-linolenic (omega-3); 5 – stearidonic (omega-3); 6 – sum of unsaturated acids; 7 – sum of polyunsaturated acids; st. – reference

Общая сумма НЖК масла конопли у изученных образцов достигает 91,8–94,2% (к-355, к-510), а сумма ПНЖК – 81,3–87,2% (к-109, к-355).

В сравнении с конопляным, масло хлопчатника изученных образцов характеризуется меньшей суммой ПНЖК (табл. 2). Максимальное количество (54,0–58,0%) обнаружено у образцов и-0159127 и и-0159125. Максимум суммы НЖК (76,0–79,0%) отмечен у этих же образцов.

Из списка мононенасыщенных кислот хлопкового масла у изученных образцов хлопчатника доминирует олеиновая кислота, максимум содержания которой был зафиксирован у и-0159124 и и-0159127 (21,1 и 22,7%). Из мононенасыщенных также найдены пальмитинолеиновая, вакценовая и эйкозеновая кислоты, концентрация каждой из которых варьирует от 0,3% ('Михайловский') до максимальной 1,0–1,2% у образцов и-0159126 (Тямин) и и-0159127 (Тутум).

У изученных образцов хлопчатника содержание ненасыщенной омега-6 линолевой кислоты в масле было ниже, чем в конопляном: максимум в 57,7% отмечен у образца и-0159123 (Войтенок ФРТ). Концентрация омега-3 линоленовой кислоты (см. табл. 2) изменяется от 0,1% (Тутум) до максимума 1,1% у и-0159124 (Аболин ЦФН).

В различных почвенно-климатических зонах РФ существует промышленное производство конопли. Показана возможность промышленного возделывания хлопчатника различных ботанических видов, дающих в условиях юга страны хорошие урожаи хлопка-сырца и волокна с различными физико-механическими параметрами от I типа (тонковолокнистый хлопчатник), до VI–VII типа (относительно короткое, но прочное и несминаемое) (Grigoryev, 2004; Podolnaya et al., 2015). В отделяемых при получении волокна семенах хлопчатника содержится масло, которое суммарно имеет до 58% полиненасыщенных и до 80% ненасыщенных жирных кислот, среди которых основные – линолевая (до 58,0 %) и олеиновая (до 23,0%) кислоты (см. табл. 2).

Таблица 2. Содержание ненасыщенных жирных кислот в масле семян образцов хлопчатника. Репр. Адлерская ОС ВИР, 2014–2015 гг.

Table 2. Content of unsaturated fatty acids in seed oil of cotton accessions. Repr. Adler Experiment Station of VIR, 2014–2015

Образец		Жирные кислоты							
№ интродукционного каталога ВИР	Название, вид	16:1[1]	18:1[2]	18:1c11[3]	18:2[4]	18:3[5]	20:1[6]	∑u.s.[7]	∑p.u.s.[8]
0159124	Аболин ЦФН*	0,5	21,1	0,5	50,4	1,1	0,6	74,0	52,0
0159123	Войтенок ФРТ*	0,5	16,2	0,5	57,7	0,2	0,8	76,0	58,0
0159125	Кумбазик Марон*	0,6	18,7	0,5	51,7	0,2	0,6	73,0	52,0
0159127	Тутум**	1,0	22,7	0,4	53,4	0,1	1,2	79,0	54,0
0159126	Тямин***	0,6	17,3	0,4	55,0	0,2	1,0	75,0	56,0
-	Михайловский* (st.)	0,6	20,8	0,3	56,9	0,2	0,8	80,0	57,0
$НСР_{05}$		0,2	2,1	0,2	1,5	0,02	0,3	–	–

**Gossypium hirsutum* L.; ***G. herbaceum* L.; ****G. barbadense* L.

Примечания. 1 – пальмитинолеиновая, 2 – олеиновая, 3 – вакценовая, 4 – линолевая (омега-6), 5 – линоленовая (омега-3), 6 – эйкозеновая, 7 – сумма ненасыщеннных, 8 – сумма полиненасыщеннных кислот; st. – стандарт.

Notes: 1 – palminoleic; 2 – oleic; 3 – vaccenic; 4 – linoleic (omega-6); 5 – linolenic (omega-3); 6 – eicosenoic; 7 – sum of unsaturated acids; 8 – sum of polyunsaturated acids; st. – reference

Созданные в ВИР линии хлопчатника с естественно разноокрашенным волокном, являются ценным селекционным материалом для создания отечественных сортов для промышленного производства текстильного волокна, пищевого растительного масла и жмыхов, которые в силу высокого содержания ПНЖК и НЖК являются ценными источниками получения ФПИ для расширения разнообразия и обогащения продуктов питания и кормовых рационов. Проведенные исследования создают биологическую основу для производства текстильных изделий и растительных масел в РФ, как это было в бывшем СССР на конец 1980-х.

Уникальность разнообразия агроклиматических зон РФ может позволить налаживать производство широкого спектра как текстильного сырья, так и ценных продуктов питания. Из приведенных данных видно, что растительное масло, получаемое из семян культур (например, конопли) более северных регионов, характеризуется жирными кислотами большей степени непредельности (ненасыщенности). Образцы семян конопли, выращенных на Северо-Западе, содержат масло с большим количеством ненасыщенных жирных кислот – до 94%, что является весьма ценным для производства ФПИ. Основные кислоты масла конопли – омега-6 линолевая (более 64%) и омега-3 альфа-линоленовая (более 27%).

Заключение

В результате проведенных исследований ПНЖК и НЖК масла образцов семян хлопчатника и конопли были выделены образцы конопли к-109 ('Проскуровский'), к-355 (местная, Мари) с высоким содержанием линолевой (более 64%), альфа-линоленовой (более 27%); к-148 (местная, Алтай) – гамма-линоленовой (более 5%) кислот. Общее содержание ПНЖК превышает 94%, а НЖК – 87% (к-355).

Среди изученных образцов хлопчатника образец и-0159123 (Войтенок ФРТ) обладает высоким содержанием линолевой кислоты (58%), суммой ПНЖК 58% и суммой НЖК 76%. Образец и-0159127 (Тутум) относится к виду *Gossypium herbaceum,* который обладает толерантностью к вредителям и адаптирован к низким поливным нормам. В хлопкосеющих районах мира сорта этого вида возделываются в условиях аридного земледелия на почвах с низким уровнем плодородия. Исследования показали, что семена образца и-0159127 (Тутум) имеют масло с высоким содержанием олеиновой кислоты (23%) и общей суммой НЖК (79%). Образец и-0159126 (Тямин) относится к виду *G. barbadense* (тонковолокнистый хлопчатник с качественным волокном I типа). Масло семян этого образца имеет 55% линолевой кислоты при общей сумме ПНЖК 56%.

Таким образом, промышленное возделывание конопли и хлопчатника в различных почвенно-климатических зонах России позволит получать сырье для текстильной, пищевой и масложировой промышленности страны. Известно, что в питании человека и кормлении животных необходимо разнообразие пищевых жиров. Биологическая ценность растительных масел определяется, прежде всего, содержанием полиненасыщенных жирных кислот. Семена, масло конопли, масло хлопчатника, благодаря содержанию в них ПНЖК и НЖК, могут быть источниками ФПИ, эффективных в снижении риска развития рака и сердечно-сосудистых заболеваний, снижении уровня холестерина. Вещества могут положительно влиять на микробиоценоз кишечника, быть ценными добавками в корма сельскохозяйственных животных, что может улучшить жирнокислотный состав, нормализовать содержание холестерина и биологически активных соединений в товарном мясе.

По результатам исследований выделены образцы конопли и хлопчатника – сорта и линии с высоким содержанием ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. Необходимо отметить, что выделившиеся образцы культур не являются результатом селекционной работы, направленной на улучшение жирнокислотного состава масла. Привлечение выделившихся в результате наших исследований образцов в селекцию на качество будет способствовать созданию новых сортов конопли и хлопчатника с ценным для пищевой индустрии и кормопроизводства биохимическим составом.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0001 «Коллекция масличных и прядильных культур ВИР (изучение и расширение генетического разнообразия масличных и прядильных культур)».

Авторы выражают искреннюю благодарность доктору биол. наук., проф. А. В. Конареву за ценные рекомендации, сделанные в ходе проведения исследований.

References/Литература

Aslam H., Green J., Jacka F. N., Collier F., Berk M., Pasco J., Dawson S. L. Fermented foods, the gut and mental health: a mechanistic overview with implications for depression and anxiety. *Nutr. Neurosci*, 2018;11:1-13. DOI: 10.1080/1028415X.2018.1544332

Dzuvor C.K., Taylor J.T, Acquah C., Pan S., Agyei D. Bioprocessing of functional ingredients from flaxseed. *Molecules*. 2018;23(10):2444. DOI: 10.3390/molecules23102444

Ermakov A.I. (ed.). Methods of biochemical research of plants (Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy). Leningrad: Kolos; 1972. p.216-218. [in Russian] (Методы биохимического исследования растений / под ред. Ермакова А.И., Л.: Колос; 1972. С.216-218).

Fontes A.L., Pimentel L., Rodríguez-Alcalá L.M., Gomes A. Effect of PUFA substrates on fatty acid profile of *Bifidobacterium breve* Ncimb 702258 and CLA/CLNA production in commercial semi-skimmed milk. *Sci. Rep.*, 2018;8(1):155-191. DOI: 10.1038/s41598-018-33970-2

Grigoryev S.V. Cotton cultivars developed in Russia (Khlopchatnik rossiyskoy selektsii). *Direktor = Director.* 2004;6:31-32. [in Russian] (Григорьев С.В. Хлопчатник российской селекции. *Директор*. 2004;6:31-32).

Grigoryev S.V. Prospects for industrial hemp in Russia (Perspektivy kultury konopli v Rossii). *Director.* 2004;9:34-37. [in Russian] (Григорьев С.В. Перспективы культуры конопли в России. *Директор*. 2004;9:34-37).

Illarionova K.V., Grigoryev S.V. The structure of assortment of vegetable oil in local market of RF (Struktura assortimenta rastitelnykh masel po vidam syrya v RF). In: *Innovative Technologies in Industry: the Basis for Improving the Quality, Competitiveness and Safety of Consumer Goods* (*Innovatsionnye tekhnologii v promyshlennosti – osnova povysheniya kachestva, konkurentosposobnosti i bezopasnosti potrebitelskikh tovarov*). 2016. p.137-140 [in Russian] (Илларионова К.В., Григорьев С.В. Структура ассортимента растительных масел по видам сырья в РФ. В сб.: *Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров*. 2016. С.137-140).

Laakso S., Lehtinen P., Vahvaselkä M. Process for preparing conjugated linoleic acid. EP1495126A1. Application 2005-01-12. C12P7/6427.

Ledbetter K. Edible cottonseed research receives USDA approval. *The Austr. Cottongrower.* 2019;39(7):24-26.

Li K., Sinclair A., Zhao F., Li D. Uncommon fatty acids and cardiometabolic health. Nutrients. 2018;10(10):1559. DOI: 10.3390/nu10101559

Peng M., Tabashsum Z., Patel P., Bernhardt C., Biswas D. Linoleic acids overproducing *Lactobacillus casei* limits growth, survival, and virulence of *Salmonella typhimurium* and enterohaemorrhagic *Escherichia coli*. *Front Microbiol.*, 2018;9:26-63. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02663

Plant varieties included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use (as of Nov. 02, 2018). Available from: http://reestr.gossort.com/reestr/culture/134 (accessed Nov. 07, 2018). [in Russian] (Сорта растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (на 02.11.2018). Доступно по: http://reestr.gossort.com/reestr/culture/134 (дата обращения 07.11.2018).

Podolnaya L.P., Grigoryev S.V., Illarionova K.V., Asfandiyarova M. Sh., Tuz R.K., Hodzhaeva N.A., Miroshnichenko E.V. Cotton in Russia. Actuality and prospects (Khlopchatnik v Rossii. Aktualnost i perspektivy). *Dostizheniya nauki i tehniki APK = Achievements of Science and Technology in the Agroindustial Complex.* 2015;29(7):56-58. [in Russian] (Подольная Л.П., Григорьев С.В., Илларионова К.В., Асфандиярова М.Ш., Туз Р.К., Ходжаева Н.А., Мирошниченко Е.В. Хлопчатник в России. Актуальность и перспективы. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(7):56-58).

Roulard R., Fontaine J. X., Jamali A., Cailleu D., Tavernier R., Guillot X., Rhazi L., Petit E., Molinie R., Mesnard F. Use of qNMR for speciation of flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.) and quantification of cyanogenic glycosides. *Anal. Bioanal. Chem.* 2017;409(30):7011-7026. DOI: 10.1007/s00216-017-0637-7

Roura-Guiberna A., Hernandez-Aranda J., Ramirez-Flores C.J., Mondragon-Flores R., Garibay-Nieto N., Queipo-Garcia G., Laresgoiti-Servitje E., Soh J.W., Olivares-Reyes J.A. Isomers of conjugated linoleic acid induce insulin resistance through a mechanism involving activation of protein kinase Cε in liver cells. *Cell Signal.* 2018;53:281–293. DOI: 10.1016/j.cellsig.2018.10.013

Small E. Classification of *Cannabis sativa* in relation to agricultural, biotechnological, medical and recreational utilization *Cannabis sativa* L.: botany and biotechnology. Berlin; 2017.

State Standard GOST 1128-75. Refined cotton oil. Specifications (Maslo khlopkovoye rafinirovannoye. Tekhnicheskiye usloviya). Moscow: Standartinform; 2011. [in Russian] (ГОСТ 1128-75. Масло хлопковое рафинированное. Технические условия. М.: Стандартиформ; 2011).

State Standard GOST 8989-73. Hempseed oil. Specifications (Maslo konoplyanoye. Tekhnicheskiye usloviya). Moscow: Standartinform; 2011. [in Russian] (ГОСТ 8989-73. Масло конопляное. Технические условия. М.: Стандартиформ; 2011).

State Standard GOST R 52349-2005. Foodstuffs. Functional foods. Terms and definitions (Produkty pishchevye. Produkty pishchevye funktsionalnye. Terminy i opredeleniya). Moscow: Standartinform; 2005. [in Russian] (ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ; 2005).

Taghvaei M., Jafari S.M., Nowrouzieh S., Alishah O. The influence of cooking process on the microwave-assisted extraction of cottonseed oil. *J. Food Sci. Technol.* 2015;52(2):1138-1144. DOI: 10.1007/s13197-013-1125-5

Vahvaselkä M., Merya-Mäkinen A., Suomalainen T., Laakso S., Rajinio A., Tyunkkunen S. The method of obtaining conjugated linoleic acid. C12P7/64 FindPatent.ru, 2012-2018. Available from: http://www.findpatent.ru/patent/226/2265664.html (accessed Dec. 01, 2018). [in Russian] (Вахваселькя М., Мяйря-Мякинен А., Суомалайнен Т., Лааксо С., Райнио А., Тюнккюнен С. Способ получения конъюгированной линолевой кислоты. C12P7/64. FindPatent.ru, 2012-2018. Доступно по: http://www.findpatent.ru/patent/226/2265664.html (дата обращения 01.12.2018).

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
Григорьев С.В., Шеленга Т.В., Илларионова К.В. Масла конопли и хлопчатника образцов коллекции ВИР как источник функциональных пищевых ингредиентов. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-38-43

Grigoryev S.V., Shelenga T.V., Illarionova K.V. Hempseed and cottonseed oils in the accessions from the VIR collection as sources of functional food ingredients. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-38-43

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-38-43

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ИСТОЧНИКИ ВЫСОКОГО СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА СЕМЯН ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PHASEOLUS VULGARIS*) ИЗ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-44-50
УДК 635.652.2:581.19
Поступление/Received: 15.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Г. П. ЕГОРОВА, И. Н. ПЕРЧУК, А. Е. СОЛОВЬЕВА, Т. В. БУРАВЦЕВА

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

SOURCES OF HIGH PROTEIN CONTENT IN COMMON BEAN SEEDS (*PHASEOLUS VULGARIS*) FROM THE VIR COLLECTION

G. P. EGOROVA, I. N. PERCHUK, A. E. SOLOVYEVA, T. V. BURAVTSEVA

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

Актуальность. Высокое содержание белка в семенах является одним из важнейших показателей пищевой ценности фасоли, поэтому поиск высокобелковых образцов, выделение источников высокого содержания белка и их использование в селекционном процессе при создании новых сортов остается актуальным. **Материалы и методы.** Приведены результаты биохимического скрининга 166 образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) из коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения 2005–2016 гг. поступления. Полевое изучение хозяйственно ценных признаков проводилось по методике ВИР. Содержание белка в семенах определяли в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР по методу Кьельдаля. Математическую обработку данных (корреляционный и однофакторный дисперсионный анализ) проводили в программе Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., USA). **Результаты и выводы.** В результате проведенной оценки выделено и приведено описание 12 источников высокого содержания белка в семенах (> 28% ежегодно). Содержание белка в семенах фасоли изменялось от 19,3 до 31,4%. Среднее значение признака составило 26,01%, при этом оно различалось в зависимости от страны происхождения, генотипа и года изучения. В результате проведенного корреляционного анализа общих закономерностей (стабильных сильных взаимосвязей) между содержанием белка в семенах и морфологическими, хозяйственно ценными признаками не выявлено. Величины коэффициентов корреляции были неустойчивы по годам изучения. Содержание белка слабо коррелировало с генотипом (r = 0,25) и годом репродукции (r = 0,24). Значимых взаимосвязей между содержанием белка, морфологическими и хозяйственно ценными признаками найти не удалось. Содержание белка в семенах, по результатам однофакторного дисперсионного анализа, в большей степени зависит от генетических свойств растений (доля влияния – 70,1%), в незначительной степени – от года репродукции (14,5%) и происхождения (17,5%).

Ключевые слова: фасоль, коллекция, источники, белок, корреляционный анализ, дисперсионный анализ.

Background. An important trend in modern breeding of common beans is to improve the quality of grain. High protein content in seeds is one of the most important indicators of the nutritional value of beans. Searching for high-protein accessions, identifying sources of high protein content, and using them in the breeding process, while developing new cultivars, still remain relevant. The aims of our research included the identification of variability patterns for protein content in accessions of different origin, characterization of cultivars, and description of their morphological and economic traits. **Materials and methods.** Presented here are the results of biochemical screening of 166 common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) accessions of various ecogeographic origin, added to the VIR collection in 2005–2016. Field study of economically valuable traits was carried out according to VIR's techniques. The protein content in seeds was measured in the Biochemistry and Molecular Biology Department at VIR using Kjeldahl method. Mathematical data processing (correlation analysis and single-factor analysis of variance) was performed using Statistica 7.0 software (StatSoft, Inc., USA). **Results and conclusions.** As a result of the assessment, 12 sources of high protein content in seeds (> 28% annually) were identified and described. The average value of the trait differed depending on the country of origin, genotype and year of study. The correlation analysis failed to find general regularities (strong stable interrelations) between the protein content in seeds and morphological, economically valuable traits. The values of correlation coefficients were unstable over the years of study. Weak links between the protein content and the genotype (r = 0.25) or the year of reproduction (r = 0.24) were identified. Significant relationships between protein content, morphological and economically valuable traits were not found. Seed protein content, according to the results of the single-factor analysis of variance, largely depended on the genetic properties of plants (effect size is 70.1%), and, to a smaller extent, on the year of reproduction (14.5%) and origin (17.5%).

Key words: common bean, collection, sources, protein, variability correlation analysis, analysis of variance.

Введение

Фасоль обыкновенная широко распространена в мировом земледелии, ее возделывают более чем в 150 странах в различных почвенно-климатических зонах. Общая площадь посевов культуры в мире составляет около 38 млн га (FAOSTAT, 2017). Широкое распространение фасоли обусловлено важнейшим показателем ее пищевой ценности и высоким содержанием белка в семенах (20–35% в разных сортах).

Большое влияние на содержание белка оказывают генетические особенности растений. Колебания накопления белка в семенах фасоли зависят от условий внешней среды, почвенно-климатических и других факторов. Ряд исследователей связывают содержание белка в семенах фасоли с различными хозяйственно ценными признаками (группой спелости, типом куста, продуктивностью и др.). Литературные данные по этому поводу изложены нами в предыдущей статье (Buravtseva et al., 2015), где сделан вывод, что накопление белка в семенах фасоли в большей степени зависит от генома растений, в меньшей – от погодных условий, и в незначительной – от места репродукции.

Важным источником генетического разнообразия исходного материала для селекции является мировая коллекция ВИР. В настоящее время коллекция насчитывает 7790 образцов фасоли из 102 стран мира и включает как местные, так и селекционные сорта. Ежегодно проводится изучение образцов коллекции, что позволяет выделять и создавать исходный материал, способный значительно повысить эффективность селекционной работы. Поиск и выделение высокобелковых образцов и их использование при создании новых сортов остается актуальным, так как количество белка в районированных сортах не превышает 25%. Скрининг образцов с целью определения содержания белка систематически проводится в лаборатории биохимии ВИР, по результатам оценки выделяются высокобелковые образцы. *Цель наших исследований* – поиск источников высокого содержания белка в семенах для селекции и выявление возможных закономерностей изменчивости этого признака.

Материалы и методы

Материалом для данного исследования послужили 166 образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) из коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения 2005–2016 гг. поступления, репродуцированных на Астраханской опытной станции – филиале ВИР. Изучение хозяйственно ценных признаков осуществляли согласно методике ВИР (Budanova et al., 1987; Vishnyakova et al., 2010). Содержание белка в семенах определяли в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР по методу Кьельдаля на приборе KjeltecAuto 1030 Analyzer (Швеция). Представлены данные двух-трех лет изучения.

Изученный материал представлен селекционными и местными сортами различного географического происхождения из 38 стран (табл. 1). Больше всего образцов было из России (17), Украины (17), Австралии (16), Германии (11), Бразилии (10), Таджикистана (9), Канады и Колумбии (7).

Таблица 1. Происхождение изученных образцов фасоли обыкновенной из мировой коллекции ВИР

Table 1. Origin of the studied common bean accessions from the VIR collection

Континент (страна)	Число образцов	Страна
Россия	17	Россия – 17
Европа	53	Англия – 1, Венгрия – 6, Германия – 11, Молдова – 1, Нидерланды – 2, Польша – 5, Румыния – 3, Словакия – 1, Украина – 17, Швеция – 2, Чехия – 4
Северная Америка	11	Канада – 7, Мексика – 4
Южная Америка	30	Боливия – 4, Бразилия – 10, Венесуэла – 2, Колумбия – 7, Куба – 4, Перу – 2, Эквадор – 1
Австралия	16	Австралия – 16
Африка	10	Бутан – 1, Кения – 3, Мадагаскар – 1, Марокко – 2, Танзания – 2, Тунис – 1
Азия	29	Вьетнам – 6, Индия – 1, Китай – 2, Лаос –3, Казахстан – 2, Непал – 1, Сингапур – 1, Таджикистан – 9, Турция – 3, Япония – 1
Всего:	166	

Для статистической обработки результатов исследований мы сформировали базу данных (БД) по следующим 16 столбцам: номер каталога, название сорта, происхождение образца, год репродукции, содержание белка, характер роста, тип куста, окраска семян и незрелого боба, наличие пергамента и волокна в бобах, форма боба по поперечному сечению, масса 1000 семян, группа спелости, продуктивность, направление использования. Морфологические и хозяйственно ценные признаки при внесении в БД кодировали в соответствии с классификатором ВИР (Budanova et al., 1985).

Статистический анализ проводили в программе Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., USA). Исследовали изменчивость взаимосвязей между содержанием белка в семенах и хозяйственно ценными признаками в зависимости от года репродукции, происхождения и генотипа образцов. Достоверность влияния перечисленных факторов на содержание белка определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа (Vishnyakova et al., 2010; Borovikov V.P., Borovikov I.P., 1998; Borovikov V.P., 2001).

Результаты

В наших исследованиях содержание белка в семенах фасоли изменялось от 19,3 до 31,4%; среднее значение составило 26,01%. Коэффициент вариации содержания белка составил 8%. Однако в разные годы он несколько отличался: в 2006 г. он составил 4,9%, в то время как в 2012 – 14,2%. По итогам двухлетних исследований было выделено 12 источников высокого содержания белка (> 28% ежегодно) (табл. 2)

Таблица 2. Источники высокого содержания белка в семенах фасоли обыкновенной

Table 2. Sources of high protein content in common bean seeds

№ п/п	№ по каталогу ВИР	Название образца	Происхождение	Содержание белка, %
1	15299	Местная	Вьетнам	28,3±0
2	15396	Albin	Чехия	28,37±0,05
3	15431	Protecta	Германия	30,08±1,05
4	15482	Purple Queen	Англия	29,87±1,55
5	15537	Сакфит	Россия	29,52±1,03
6	15568	–	Турция	30,70±0,49
7	15677	Местная	Танзания	30,07±0,54
8	15678	Сахарная	Украина	29,93±1,09
9	15693	Местная	Бразилия	29,60±0,02
10	15698	Rosinha	Бразилия	29,84±2,21
11	15700	IPA 7419	Бразилия	28,57±0,37
12	15701	Отбор 24/3	Мексика	29,94±1,61

Содержание белка в семенах различалось в зависимости от страны происхождения; наиболее высоким (> 28%) оно было у образцов из Англии (29,9%) и Мексики (28,2%). Низкое содержание белка отмечено у образцов из Китая (23,7%) и Японии (22,5%) (рис. 1).

Накопление белка в семенах изменялось по годам изучения. Наиболее высоким оно было в 2016 г. (28,49%). Самое низкое содержание белка отмечено в 2005 г. (24,46%) (рис. 2).

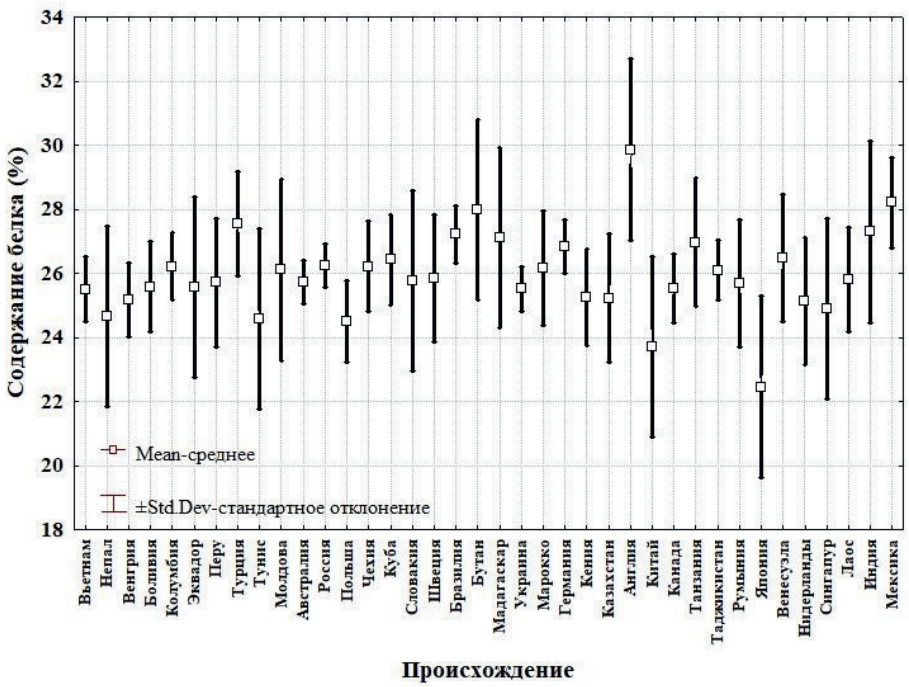


Рис. 1. Изменчивость содержания белка (%) в семенах фасоли обыкновенной у образцов разного происхождения

Fig. 1. Variability of seed protein content (%) in common bean accessions of various origin

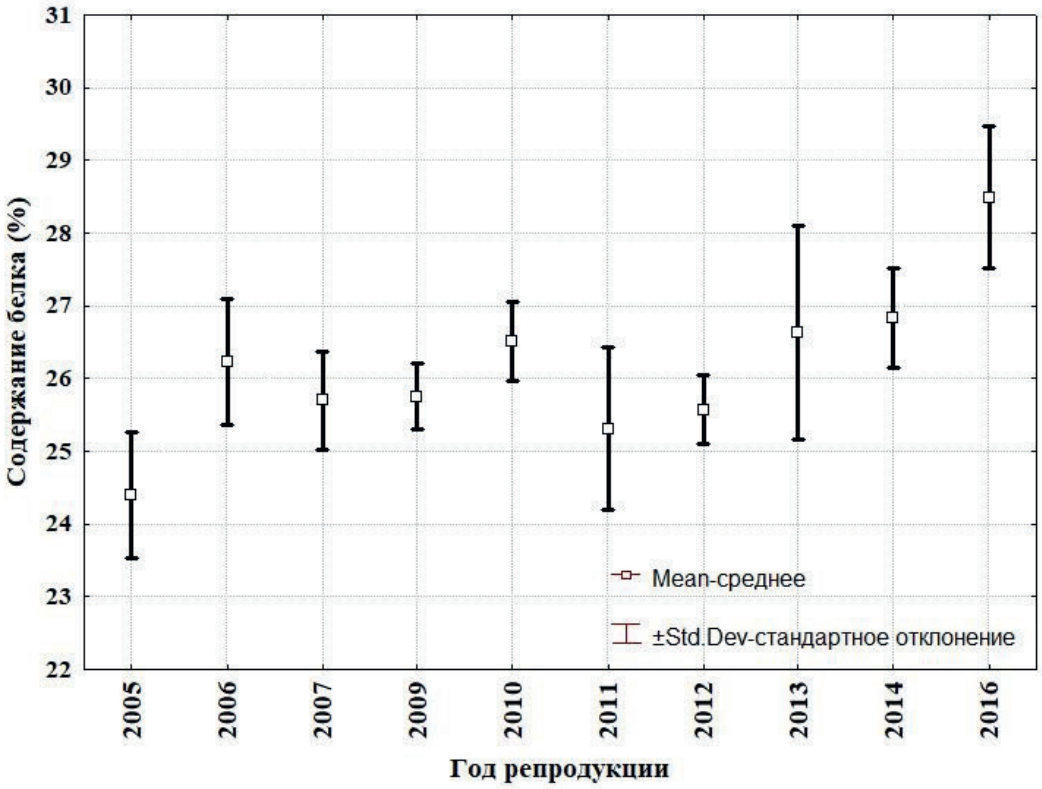


Рис. 2. Изменчивость содержания белка (%) в семенах у образцов фасоли обыкновенной разного года репродукции

Fig. 2. Variability of seed protein content (%) in common bean accessions depending on the year of reproduction

Для выявления общих закономерностей по культуре и возможных связей между рядом морфологических, хозяйственно ценных признаков и содержанием белка был проведен корреляционный анализ. Стабильных сильных взаимосвязей между этими признаками не обнаружено. Выявлены слабые связи между содержанием белка и генотипом (r = 0,25), годом репродукции (r = 0,24). Значимых взаимосвязей между содержанием белка и морфологическими (−0,08 ≤ r ≤ 0,04), хозяйственно ценными признаками (−0,07 ≤ r ≤ 0,01) найти не удалось. В то же время коэффициенты корреляции существенно отличались в зависимости от года выращивания. Так, для генотипов, выращенных в 2007 г., была характерна положительная корреляция с группой спелости (r = 0,31) и направлением использования (r = 0,25). У генотипов, репродуцированных в 2009 г., наблюдалась положительная корреляция с характером роста и типом куста (r = 0,30) и отрицательная – с группой спелости (r = −0,24). У образцов, изученных в 2010 г., отмечена положительная корреляция между содержанием белка и генотипом (r = 0,39). В 2012 г. выявлены слабые положительные корреляции с направлением использования (r = 0,28) и отрицательные – с продуктивностью (r = −0,23). Оценка образцов, изученных в 2014 г., выявила положительные корреляции содержания белка с наличием пергаментного слоя (r = 0,34) и волокна (r = 0,41) в бобах. Кроме того, отмечены отрицательные корреляции с характером роста (r = −0,64), типом куста (r = −0,65), направлением использования (r = −0,45) и группой спелости (r = −0,22). Исследования показали изменчивость коэффициентов корреляции и зависимость связей от генотипа и условий среды. Общих закономерностей по изменчивости изученных параметров не обнаружено.

Для определения доли влияния значимых признаков был проведен однофакторный дисперсионный анализ. Результаты анализа показали, что генотип, происхождение и год репродукции достоверно влияли на анализируемый признак (табл. 3).

Таблица 3. Результаты однофакторного дисперсионного анализа по выявлению влияния генотипа и года репродукции на содержание белка в семенах фасоли обыкновенной

Table 3. Results of a single-factor analysis of variance conducted to find out the effect of the genotype and the year of reproduction on protein content in bean seeds

Виды изменчивости	Df	SS	MS	F	p	Доля влияния
Генотип	164	1044,4	6,4	2,48	0,000000	70,16
Остаточная изменчивость	173	444,1	2,6			
Общая изменчивость	337	1488,5				
Происхождение	37	259,9	7,0	1,71	0,008075	17,46

Виды изменчивости	Df	SS	MS	F	p	Доля влияния
Остаточная изменчивость	300	1228,6	4,1			
Общая изменчивость	337	1488,5				
Год репродукции	9	215,1	23,9	6,16	0,000000	14,45
Остаточная изменчивость	328	1273,3	3,9			
Общая изменчивость	337	1488,5				

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

Df – number of degrees of freedom; SS – sum of squares; MS – standard deviation; F – *F*-test value; p – level of significance; genotype, origin, year of reproduction – factorial dispersion; residual variance – residual, random dispersion; general variance – general dispersion

Наибольшее влияние в наших исследованиях на изменчивость содержания белка в семенах оказывал генотип (70,2%) (рис. 3).

Морфологические и хозяйственно ценные признаки в нашем исследовании не влияли на содержание белка в семенах.

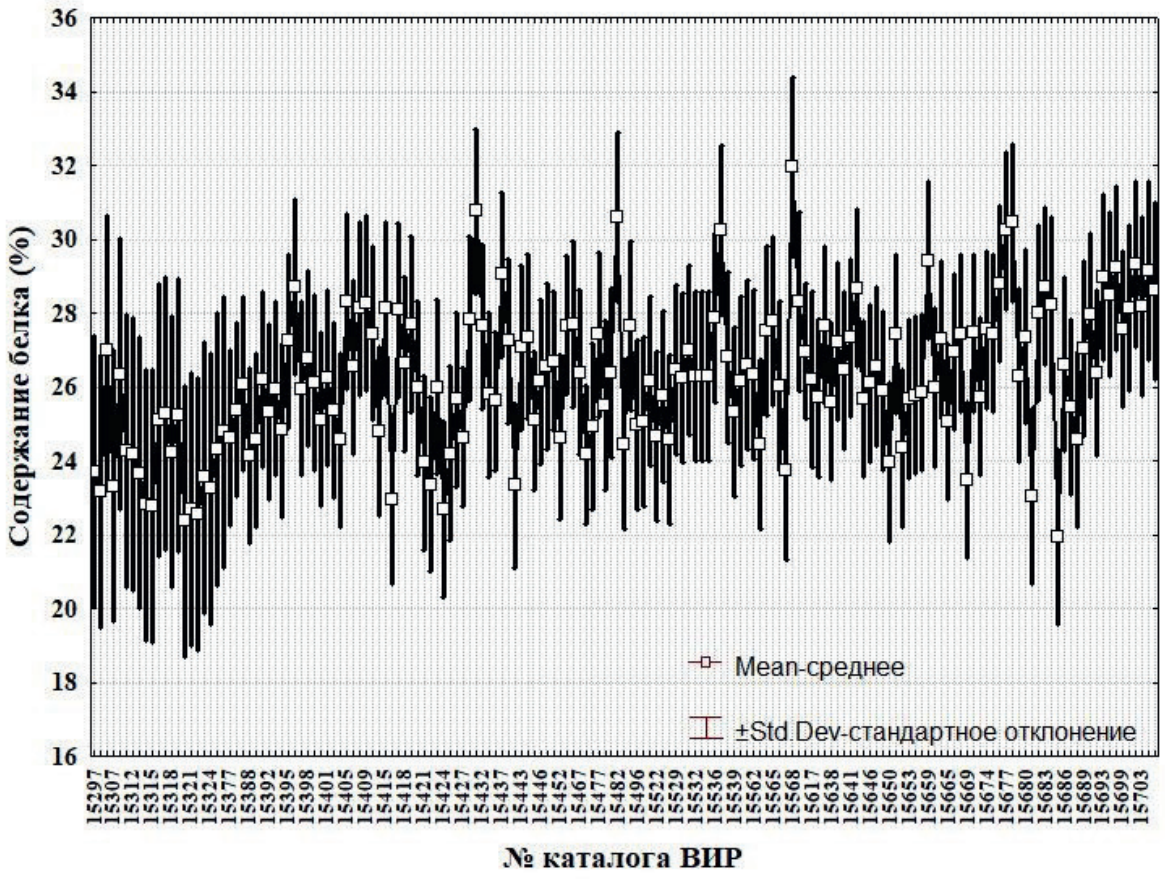


Рис. 3. Изменчивость содержания белка в семенах фасоли обыкновенной в зависимости от генотипа

Fig. 3. Variability of protein content in common bean seeds depending on the genotype

В результате изучения выделено 12 источников высокого содержания белка в семенах (выше 28% ежегодно). Описание этих образцов приводим ниже.

Источники высокого содержания белка

К-15299. Местный сорт. Получен из Вьетнама. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, округлые в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 75–95 дней. Продуктивность 30–67 г/раст. Содержание белка в семенах 28,3%. Масса 1000 семян 200–210 г. Семена средне-мелкие, эллиптические, слабо почковидные, черные. Направление использования – зерновое.

К-15396. Albin. Получен из Чехии. Характер роста растений детерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеранней группы, от всходов до созревания 76–77 дней. Продуктивность 28–40 г/раст. Содержание белка 28,05–28,68%. Масса 1000 семян 220–270 г. Семена средние, округлые, белые. Направление использования – зерновое.

К-15431. Protecta. Получен из Германии. Характер роста растений детерминантный. Бобы в технической спелости желтые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 79–89 дней. Продуктивность 21–28 г/раст. Содержание белка 29,3–30,8%. Масса 1000 семян 130–200 г. Семена средние, округлые, белые. Направление использования – комплексное.

К-15482. Purple Queen. Получен из Австралии. Характер роста растений детерминантный. Бобы в технической спелости зеленые с пигментацией, округло-плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 80–88 дней. Продуктивность 19–24 г/раст. Содержание белка 28,7–31%. Масса 1000 семян 240–270 г. Семена средние, эллиптические, бежевые с серой мраморностью. Направление использования – комплексное.

К-15537. Сакфит. Получен из ВНИИССОК (Россия). Характер роста растений детерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоскоокруглые в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеранней группы, от всходов до созревания 76–79 дней. Продуктивность 21–35 г/раст. Содержание белка 28,8–30,3%. Масса 1000 семян 240-250 г. Семена средние, уплощенные, белые. Направление использования – овощное.

К-15568. Получен из Турции. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 80–88 дней. Продуктивность 19–32 г/раст. Содержание белка 30,4–31,1%. Масса 1000 семян 320–370 г. Семена средние, округло-эллиптические, пестро-розовые. Направление использования – зерновое.

К-15677. Местный. Получен из Танзании. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 83–89 дней. Продуктивность 8–14 г/раст. Содержание белка 29,7–30,5%. Масса 1000 семян 170–190 г. Семена средние, уплощенно-эллиптические, телесные. Направление использования – зерновое.

К-15678. Сахарная. Получен из Украины. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 81–93 дня. Продуктивность 14–21 г/раст. Содержание белка 28,3–30,7%. Масса 1000 семян 220–240 г. Семена средние, эллиптические, белые. Направление использования – зерновое.

К-15693. Местная. Получен из Бразилии. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам позднеспелой группы, от всходов до созревания 90–98 дней. Продуктивность 15–21 г/раст. Содержание белка 29,6%. Масса 1000 семян 200–230 г. Семена средние, удлиненно-эллиптические, вишневые. Направление использования – зерновое.

К-15698. Rosinha. Получен из Бразилии. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 88–91 день. Продуктивность 16–24 г/раст. Содержание белка 28,3–31,4%. Масса 1000 семян 150–170 г. Семена мелкие, эллиптические, бежевые. Направление использования – зерновое.

К-15700. IPA 7419. Получен из Бразилии. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам позднеспелой группы, от всходов до созревания 90–98 дней. Продуктивность 18–21 г/раст. Содержание белка 28,2–29,0%. Масса 1000 семян 160–200 г. Семена мелкие, эллиптические, бежевые. Направление использования – зерновое. Выделился по устойчивости к вирусным и бактериальным заболеваниям.

К-15701. Отбор 24/3. Получен из Мексики. Характер роста растений индетерминантный. Бобы в технической спелости зеленые, плоские в поперечном сечении. По вегетационному периоду относится к сортам среднеспелой группы, от всходов до созревания 79–86 дней. Продуктивность 16–23 г/раст. Содержание белка 28,8–31,1%. Масса 1000 семян 200–240 г. Семена средне-мелкие, эллиптические, бежевые с серо-фиолетовой пестротой. Направление использования – зерновое.

Выводы

В результате биохимической оценки 166 образцов фасоли обыкновенной выделено и описано 12 источников высокого содержания белка в семенах (> 28% ежегодно). Эти образцы рекомендуются для включения в селекционный процесс при создании новых сортов с целью улучшения качества семян.

Проведенный корреляционный анализ не выявил стабильных взаимосвязей морфологических и хозяйственно ценных признаков с содержанием белка.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа показали, что генотип, происхождение и год репродукции достоверно влияли на анализируемый признак. Содержание белка у исследованных образцов обусловлено, в основном, генетическими свойствами растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0002 «Научное обеспечение эффективного использования мирового генофонда зернобобовых культур и их диких родичей из коллекции ВИР».

References/Литература

Borovikov V.P. The Statistica program for students and engineers (Programma Statistica dlya studentov i inzhenerov). Moscow; 2001. [in Russian] (Боровиков В.П. Программа Statistica для студентов и инженеров. М.; 2001).

Borovikov V.P., Borovikov I.P. Statistical analysis of data processing in Windows environment (Statistichesky analiz obrabotki dannyh v srede Windows). Moscow; 1998. [in Russian] (Боровиков В.П., Боровиков И.П. Статистический анализ обработки данных в среде

Windows. M.; 1998).
Budanova V.I., Lagutina L.V., Buravtseva T.V. Methodological guidelines. Studying accessions from the global collection of common bean (Metodicheskiye ukazaniya. Izucheniye obraztsov mirovoy kollektsii fasoli). Leningrad: VIR; 1987. [in Russian] (Буданова В.И., Лагутина Л.В., Буравцева Т.В. Методические указания. Изучение образцов мировой коллекции фасоли. Л.: ВИР; 1987).
Budanova V., Lagutina L., Korneichuk V., Pastorec M., Uznic M., Gofirek P., Moravec I. The international COMECON list of descriptors for cultivated species of the genus *Phaseolus* L. (Mezhdunarodny klassifikator SEV kulturnykh vidov roda *Phaseolus* L.). Leningrad: VIR; 1985. [in Russian] (Буданова В., Лагутина Л., Корнейчук В., Пасторек М., Ужик М., Гофирек П., Моравец И. Международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. Л.: ВИР; 1985).
Buravtseva T.V., Burlyaeva M.O., Solovyeva A.E. Screening of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) samples from the VIR collection for breeding varieties with high protein content in seeds (Skrining obraztsov fasoli obyknovennoy (*Phaseolus vulgaris* L.) iz kollektsii VIR dlya selektsii sortov s vysokim soderzhaniyem belka v semenakh). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in the Agroindustial Complex.* 2015;7:47-51. [in Russian] (Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Соловьева А.Е. Скрининг образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) из коллекции ВИР для селекции сортов с высоким содержанием белка в семенах. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;7:47-51).
FAOSTAT. 2017. Available from: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (accessed Jan. 20, 2019).
Vishnyakova M.A., Bulyntsev S.V., Buravtseva T.V., Burlyaeva M.O., Seferova I.V. et al.. Collection of the world's genetic resources of grain legumes at VIR: replenishment, preservation and study. Methodological guidelines (Kollektsiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh kultur VIR: popolneniye, sokhraneniye i izucheniye. Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Вишнякова М.А., Булынцев С.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Сеферова И.В. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. СПб.: ВИР; 2010).

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
Егорова Г.П., Перчук И.Н., Соловьева А.Е., Буравцева Т.В. Источники высокого содержания белка семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) из мировой коллекции ВИР Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):44-50. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-44-50

Egorova G.P., Perchuk I.N., Solovyeva A.E., Buravtseva T.V. Sources of high protein content in common bean seeds (*Phaseolus vulgaris*) from the VIR collection. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):44-50. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-44-50

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-44-50

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

АБИОТИЧЕСКИЕ СТРЕСС-ФАКТОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАКОПЛЕНИЕ АССИМИЛЯТОВ РАСТЕНИЯМИ И УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНОГО ГОРОХА

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-51-59
УДК 653.656:581.1.045:631.559
Поступление/Received: 13.03.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

О. В. ПУТИНА, А. Г. БЕСЕДИН

Крымская опытно-селекционная станция ВИР, филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 353384 Россия, Краснодарский край, г. Крымск, ул. Вавилова, 12;
kross67@mail.ru

ABIOTIC STRESSORS AND THEIR EFFECT ON THE ACCUMULATION OF ASSIMILATES BY PLANTS AND THE YIELD OF VEGETABLE PEA

O. V. PUTINA, A. G. BESEDIN

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

Актуальность. Абиотические стрессовые факторы, такие как продолжительные засушливые условия, переизбыток или недостаток в обеспеченности влагой, заморозки и т. д., стихийны, и их воздействие наносит существенный ущерб растениям. Это актуально и для культуры овощного гороха обычного и безлисточкового (усатого) морфотипов, которые наиболее широко используются в производственных посевах. **Объекты.** Исследовали 11 сортов с обычным типом листа (обычный морфотип) и 6 с усатым (безлисточковый морфотип). **Материалы и методы.** Опыты проводили на селекционных полях Крымской ОСС ВИР (Краснодарский край, 2015–2016 гг.). Площадь делянки – 10 м^2. Повторность опыта трехкратная. Содержание сухих веществ определяли методом высушивания надземных частей растений (осевые органы, листовой аппарат [лист, прилистники], цветки, лопатки, створки боба, зерно) до постоянной сухой массы при температуре 105°С. Сравнение показателей содержания сухих веществ проводили используя *t*-test. При оценке урожайности сортов овощного гороха применяли многофакторный дисперсионный анализ (Factorial ANOVA, LSD-test). **Результаты.** Растения овощного гороха подвержены негативному влиянию абиотических стрессовых факторов. При избыточном увлажнении в начальный период роста у растений отмечено снижение накопления сухих веществ. Подобный эффект оказывает продолжительное отсутствие осадков в межфазный период «растение с 2–3 листьями – техническая спелость». Влияние погодных условий выращивания на урожайность овощного гороха составило 13,3%, а взаимодействие факторов «генотип * среда» – 33,3%. **Заключение.** Между группами сортов с обычным типом листа и с усатым по содержанию сухих веществ в надземной биомассе растений и урожайности значимой разницы не выявлено. За два года исследований выделены сорта, превосходящие стандарты по урожайности: ‘Прима’ (и-155213, Россия) и ‘Амбассадор’ (к-9946, Германия) обычного морфотипа.

Ключевые слова: овощной горох, обычный и усатый тип листа, засушливые условия, накопление сухих веществ, урожайность.

Background. Abiotic stressors, such as prolonged dry conditions, oversupply or lack of moisture, frost, etc., are spontaneous, and their impact causes significant damage to plants. This is also true for the common and leafless morphotypes of vegetable pea, which are most widely used in large-scale crop production. **Objectives.** Eleven cultivars with leaves of the usual type (common morphotype) and 6 semi-leafless ones (leafless morphotype) were studied. **Materials and methods.** The experiments were performed on the breeding fields of Krymsk Experiment Breeding Station of VIR (Krasnodar Territory, 2015–2016). The plot area was 10 m^2. There were 3 replications. Dry matter content was measured by drying the aerial parts of plants (axial organs, foliar apparatus [leaf, stipules], flowers, unripe beans, pod valves, grain) to constant dry matter at 105°C. Dry matter contents were compared using the *t*-test. Multifactorial analysis of variance (MANOVA, LSD test) was used to assess the yield of vegetable pea cultivars. **Results.** Vegetable pea plants are subject to the negative effect of abiotic stressors. With excessive moisture in the initial period of growth, there was a decrease in the accumulation of dry matter in plants. A similar effect is exerted by long absence of precipitation during the growth period of vegetable pea plants from the phase of 2–3 leaves to technical ripeness. The effect of weather conditions during cultivation on the yield of vegetable peas was estimated at 13.3%; and the interaction of the genotype * environment factors, at 33.3%. **Conclusion.** No significant differences were observed between the groups of common leafy cultivars and semi-leafless ones in the content of dry matter in the aboveground biomass of plants and the yield. During the two years of research, the cultivars that exceeded the reference in yield were identified: ‘Prima’ (i-155213, Russia) and ‘Ambassador’ (k-9946, Germany), both belonging to the common morphotype.

Key words: vegetable peas, common and semi-leafless types, dry conditions, accumulation of dry matter, yield.

Введение

При возделывании основных культур (рожь, пшеница, кукуруза, рис) в сельскохозяйственных районах мира, все чаще наблюдаются неблагоприятные погодные явления, при которых проявляется тенденция к снижению их урожайности. Моделирование дальнейшего изменения климата показало увеличение числа природных аномалий (Akumaga et al., 2018; Schleussner et al., 2018). Одним из факторов, повышающих устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, является целенаправленная селекция на повышение адаптивной способности генотипов (O'Leary et al., 2018). В связи с этим все большую значимость приобретают исследования адаптивных реакций у растений и возможность их генетического наследования (Pathak et al., 2018; Dresselhaus, Hückelhoven, 2018).

Овощной горох не относится к основным сельскохозяйственным культурам, и тем не менее он занимает важное место в питании человека. В семенах гороха с мозговой поверхностью присутствуют незаменимые аминокислоты: треанин (более 3% от абсолютно сухой массы), валин (4%), метионин (0,34–0,51%), изолейцин (3%), лейцин (6%), фенилаланин (4,70–5,16%), лизин (6,78–7,34%) (Yankovskaya et al., 2008). Крахмал овощных сортов гороха имеет низкую биодоступность в связи с высоким содержанием в нем амилозы (Guillon, Champ, 2002; Andreev et al., 2014). Благодаря этому свойству его используют в пищевой промышленности при разработке диетических продуктов (Shelepina, 2016; Kolesnik, 2017). Для питания человека овощной горох пригоден в свежем виде, а также после его переработки – консервирования, заморозки или сушки.

Вместе с повышенной диетической ценностью растения гороха овощного должны быть пригодны для механизированной технологии выращивания. В целях повышения технологичности сортов, придания устойчивости ценоза к полеганию в производстве все чаще используют сорта с усатым типом листа (безлисточковый морфотип). При этом остается дискуссионным вопрос об уровне продуктивности растений безлисточкового морфотипа в сравнении с обычным. Результаты многолетних исследований растений гороха разных морфотипов (Novikova et al., 2011; Agarkova et al., 2016) показали, что накопление большого числа рецессивных мутаций в одном генотипе вызывает снижение продуктивности и повышение его чувствительности к неблагоприятным факторам среды. Некоторыми авторами проводились исследования изогенных линий разных морфотипов. Изначально был установлен негативный плейотропный эффект рецессивной мутации гена *Afila* на продуктивность и ее элементы (Snoad et al., 1985); позже в исследованиях (Goldman, Critton, 1992; Kof et al., 2006; Oorzhak, 2010) показано, что разница между растениями обычного и безлисточкового морфотипов незначительна. Данные исследования проводились на интактных растениях в условиях защищенного грунта. Поэтому требует уточнения вопрос о разнице в реакции морфотипов на неблагоприятные абиотические факторы в условиях открытого грунта.

В Российской Федерации основным по выращиванию и переработке овощного гороха является Северо-Кавказский регион. Здесь же начиная с 30-х годов прошлого века занимаются его селекцией. Традиционно основным направлением работы было создание сортов овощного гороха с высоким уровнем урожайности зеленого горошка (Drozd, 1956; Besedin, 2015). Однако считается, что современные сорта способны реализовать биологический потенциал продуктивности при выращивании по интенсивным технологиям и в настоящее время для селекции более важно создавать генотипы, слабо реагирующие на изменение агроэкологических условий (Kilchevsky, 2005; Zhuchenko, 2012; Dragavtsev et al., 2016).

Наименее стабильными и предсказуемыми внешними стресс-факторами можно считать климатические показатели, которые в последнее годы сильно отклоняются от среднемноголетних данных. Низкие температуры на ранних стадиях развития гороха могут привести к гибели проростков (Kondakova et al., 2016). Гипертермия в период цветения и налива бобов вызывает снижение жизнеспособности пыльцы и завязываемости семяпочек, абортацию цветков и бобов (Jeuffroy et al., 1990; Jiang et al., 2019). Большое количество осадков, приводящее к заболачиванию почвы, угнетает растения гороха, которые слабоустойчивы к недостатку кислорода и не имеют активной защиты к данному стресс-фактору (Ershova et al., 2009; 2011). Существенное торможение ростовых процессов, снижение содержания хлорофилла в листьях и миграцию корней в более глубокие горизонты почвы инициируют засушливые условия (Novikova, Lakhanov, 2002; Benjamin, Nielsen, 2006; Arshad et al, 2008; Omelyanyuk, Asanov, 2013; Osman, 2015). По разным данным, потери урожая гороха от воздействия абиотических стрессовых факторов могут достигать 42–87% (Belford et al., 1980; Amelin, Petrova, 2006; и др.). Согласно этому, необходим поиск генотипов, способных формировать стабильно высокий урожай при различных климатических условиях.

Эффективный отбор возможен при наличии широкой генетической базы исходного материала, различного по эколого-географическому происхождению, биохимическому составу, фено-, морфо- и физиологическим признакам, с высоким биоэнергетическим и адаптивным потенциалом (Zhuchenko, 2012; Vishnyakova, 2015). Ведение отбора перспективных родительских форм в меняющихся средовых условиях – актуальный и необходимый метод селекции, позволяющий в дальнейшем создавать рекомбинантные генотипы с высокой адаптивной способностью.

Таким образом, *цель наших исследований* заключалась в выявлении реакций растений овощного гороха обычного (традиционный тип листа) и безлисточкового (усатый тип листа) морфотипов на неблагоприятные условия среды и выделении ценных образцов для селекции.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2015–2016 гг. в Краснодарском крае (г. Крымск, Россия) на селекционном участке Крымской опытно-селекционной станции ВИР (КОСС ВИР) – филиале Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Почвы – слитые и деградированные черноземы глинистого механического состава.

Объектами выступали сорта и линии (табл. 3) овощного гороха с мозговой поверхностью семян: 11 обычного и 6 безлисточкового морфотипов из коллекции генетических ресурсов ВИР. Растения с усатым типом листа (безлисточковый морфотип) имели хорошо развитые прилистники, при этом листочки сложного листа модифицированы в усики (генотип *afafStSt*). Образцы для изучения высевали сеялкой СКС-6-10 27 марта в 2015 г. и 29 марта в 2016 г.; площадь делянки – 10 м^2.

Учетная площадь составила 0,25 м^2, повторность опыта трехкратная. За стандарты принимали районированные для данного региона сорта селекции Крымской опытно-селекционной станции (ОСС) ВИР: 'Альфа', 'Беркут', 'Адагумский', 'Исток'.

Содержание сухих веществ в надземной биомассе растений (г/м^2) учитывали при прохождении фенофаз: растение с 2-3 листьями, цветение, техническая спелость. Растения срезали с учетной площади и в лабораторных условиях разделяли на части (осевые органы, листовой аппарат [лист, прилистники], цветки, лопатки, створки боба, зерно). Далее части растений измельчали и высушивали в сушильном шкафу до постоянной сухой массы, при температуре 105°С, после чего ее взвешивали. Общее содержание сухих веществ определяли путем суммирования массы ассимилятов частей растений.

За «лист» у обычного морфотипа принимали черешок с листочками и усиками, у безлисточкового – черешок с усиками. «Лопаткой» считали невыполненные бобы к моменту наступления фазы «техническая спелость».

Математическую обработку применяли используя программы Statistica 10 и Microsoft Office Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Наблюдая характер изменения содержания сухих веществ в растениях овощного гороха обычного и безлисточкового морфотипов, мы установили, что в условиях 2015 года до образования на растениях 2–3 листьев на листовой аппарат (ЛА) сортов традиционного морфотипа, в сравнении с безлисточковым, приходилось значимо больше ассимилятов (на 2,3 г/м^2, по результатам *t*-теста [independent samples] при $p < 0,05$). По остальным параметрам в изучаемые фазы развития («растение с 2–3 листьями», «цветение», «техническая спелость») и годы исследований (2015 и 2016) разницы между морфотипами не выявлено. Это дает основания полагать, что в растениях овощного гороха обычного и безлисточкового морфотипов накапливается сопоставимое количество ассимилятов при различных погодных условиях.

2015 год в период от посева до появления на растениях 2–3 листьев был с избыточным увлажнением, сумма осадков составила 77,6 мм., гидротермический коэффициент ($ГТК=\frac{\text{сумм. осадков,мм}\times 10}{\sum \text{активных t}>10°C}$) находился на уровне 6,0 при оптимальном значении 1,2 (Vishnyakova et al., 2010). В 2016 году в аналогичный период сумма активных температур больше 10°С была выше на 78,5°С, а сумма осадков составила 35,2 мм; ГТК равнялся 1,7. Избыточное увлажнение в 2015 году вызвало снижение содержания сухих веществ в надземной части растений овощного гороха изучаемых морфотипов, как общего, так и в отдельных органах (табл. 1).

Изменения коснулись и распределения сухих веществ между частями растений. В 2015 году на осевые органы приходился более высокий процент ассимилятов: для растений с обычным типом листа разница составила 15,4%, для растений с усатым типом листа – 22,9% (см. табл. 1). Между морфотипами также отмечены небольшие отличия. В оба года изучения у безлисточкового, в сравнении с обычным, на листовой аппарат приходился меньший процент ассимилятов. В 2015 году разница составила 10,2%, в 2016 – 3,2%.

Таким образом, в благоприятных погодных условиях на ранних этапах роста у растений овощного гороха более интенсивно формируется листовой аппарат, благодаря которому накапливается больше сухих веществ в надземной биомассе.

Межфазный период «растение с 2–3 листьями – цветение» в 2015 году проходил в условиях сильной засухи, осадков практически не выпадало, ГТК для большинства сортов находился в пределах от 0,2 до 0,6. В 2016 году данный период был менее засушливым, ГТК для большинства сортов составил 0,7–0,9. Осадки выпадали равномерно, за счет чего условия для роста и развития растений овощного гороха были более благоприятными, чем в 2015 году, что отразилось на накоплении ассимилятов. Общее содержание сухих веществ в растениях и их частях было ниже в засушливых условиях 2015 года. Статистически значимо (при $p < 0,05$) эта разница подтверждается у группы сортов с обычным типом листа (см. табл. 1). Группа безлисточкового морфотипа была меньше, а индивидуальная реакция сортов на стресс-факторы внутри нее очень отличалась, в связи с чем эта разница математически не подтвердилась, однако, по данным, представленным в таблице 1, она четко прослеживается.

Рассматривая процентное соотношение сухих веществ между надземными частями растений овощного гороха, отмечено, что в засушливых условиях 2015 года, сложившихся в межфазный период «растение с 2–3 листьями – цветение» в листовом аппарате их накапливалось меньше, если сравнить с 2016 годом. Небольшая разница в распределении ассимилятов между органами растений наблюдалась при сравнении морфотипов между собой. Так, в оба года изучения у безлисточкового, в сравнении с обычным, на листовой аппарат приходился более высокий процент ассимилятов (в 2015 году на 4%, в 2016 на 5%). При этом собственно на лист отводилась соразмерная часть сухих веществ (см. табл. 1). Разница отмечена в количестве ассимилятов, приходящихся на прилистники, которое выше у растений с усатым типом листа на 5% в 2015 году и на 4% – в 2016 году.

Таблица 1. Содержание сухих веществ в надземной биомассе растений овощного гороха обычного и безлисточкового морфотипов в разные фазы вегетации; г/м^2 (%) (Крымская ОСС ВИР; 2015, 2016 г.)

Table 1. The content of dry matter in the aboveground biomass of common pea plants and semi-leafless ones in different phases of ontogenesis; g/m^2 (%) (Krymsk Experiment Breeding Station of VIR; 2015, 2016)

Часть растения	Традиционный морфотип		Безлисточковый морфотип	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
растение с 2–3 листьями				
осевые органы	3,6 (34,8)	2,6* (19,4)	3,7 (45,5)	2,7 (22,6)
листовой аппарат	6,7 (65,2)	10,6* (80,6)	4,4 (54,5)	9,4* (77,4)
общее	10,3 (100,0)	13,1* (100,0)	8,0 (100,0)	12,1 (100,0)

ЧАСТЬ РАСТЕНИЯ	ТРАДИЦИОННЫЙ МОРФОТИП		БЕЗЛИСТОЧКОВЫЙ МОРФОТИП	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
ЦВЕТЕНИЕ				
ОСЕВЫЕ ОРГАНЫ	88,5 (34,1)	119,3* (33,0)	80,9 (30,0)	112,4 (28,3)
ПРИЛИСТНИКИ	62,8 (24,2)	86,5* (23,9)	78,9 (29,2)	110,5 (27,8)
ЛИСТ	99,1 (38,2)	146,0* (40,4)	100,3 (37,2)	162,8 (41,0)
ЦВЕТКИ	9,3 (3,6)	9,7 (2,7)	9,6 (3,6)	11,6 (2,9)
ОБЩЕЕ	259,6 (100,0)	361,5* (100,0)	269,6 (100,0)	397,2 (100,0)
ТЕХНИЧЕСКАЯ СПЕЛОСТЬ				
ОСЕВЫЕ ОРГАНЫ	96,5 (16,9)	156,9* (19,5)	74,5 (14,7)	123,0* (16,4)
ПРИЛИСТНИКИ	62,2 (10,9)	79,4* (9,9)	65,3 (12,9)	86,2* (11,5)
ЛИСТЬЯ	103,9 (18,2)	156,4* (19,5)	85,1 (16,8)	134,6* (18,0)
ЛОПАТКИ	14,8 (2,6)	50,3* (6,3)	9,1 (1,8)	38,6* (5,1)
СТВОРКИ БОБА	112,3 (19,7)	139,8 (17,4)	91,7 (18,1)	129,3* (17,3)
ЗЕРНО	181,6 (31,8)	220,3 (27,4)	182,2 (35,9)	237,5 (31,7)
ОБЩЕЕ	571,2 (100,0)	803,0* (100,0)	507,8 (100,0)	749,2* (100,0)

*отмечены показатели, значимо отличающиеся по годам (по результатам *t*-тестов; Grouping: год (Spreadsheet1), Group 1: 2015; Group 2: 2016, при $p < 0,05$)

*parameters significantly differing by years (according to the results of *t*-tests; Grouping: year (Spreadsheet1), Group 1: 2015; Group 2: 2016, at $p < 0.05$)

Следовательно, при засушливых условиях в период активного вегетативного роста у растений овощного гороха накапливается меньше ассимилятов в листовом аппарате и надземной биомассе, чем при более благоприятном сочетании факторов среды. В период цветения на листовой аппарат безлисточкового морфотипа, в сравнении с обычным, приходится более высокий процент ассимилятов за счет большей их концентрации в прилистниках.

В 2015 году за весь период «цветение – техническая спелость» осадки, превышающие 5 мм, зафиксированы один раз (31 мая) и составили 45 мм. Следует отметить, что осадки более 20 мм слабо усваиваются растениями и не приносят положительного эффекта, однако они учитываются при расчете ГТК, показатели которого составили 2,1–2,4, что соответствует избыточному увлажнению. По факту, условия были засушливыми. Данный период в 2016 году проходил в условиях избыточного увлажнения, осадки выпадали часто и составили 65,9–122,7 мм. Таким образом, погодные условия периода вегетации гороха «цветение – техническая спелость» как в 2015, так и в 2016 году не являлись оптимальными.

При недостаточной влагообеспеченности в 2015 году в растениях гороха изучаемых морфотипов накоплено значимо меньше ассимилятов и в надземной биомассе и в вегетативных органах (см. табл. 1; осевые органы, лист, прилистники). Избыточное увлажнение в 2016 году привело к увеличению закладки продуктивных узлов, о чем свидетельствует рост сухой массы, приходящейся на лопатки, в 3,4 раза для растений обычного морфотипа и в 4,3 раза – для безлисточкового, в сравнении с показателями за 2015 год.

При фактической засухе, сложившейся на протяжении периода «цветение – техническая спелость» в 2015 году, деление сухих веществ между органами растений гороха несколько отличалось от их распределения в более благоприятных условиях 2016 года. В 2015 году на продуктивные органы (створки боба и зерно) приходился более высокий процент ассимилятов (на 7% для обычного морфотипа и на 5% для безлисточкового). Тогда как в осевых органах и лопатках содержался меньший процент пластических веществ, чем в 2016 году.

Анализ распределения ассимилятов между надземными частями растений изучаемых морфотипов показал, что у безлисточкового, в сравнении с обычным, в оба года изучения более высокий процент пластических веществ приходился на зерно, а низкий – на осевые органы. Процент сухих веществ, приходящийся на листовой аппарат изучаемых морфотипов, ежегодно был одинаковым, разница наблюдалась в характере их деления между частями ЛА. В прилистниках растений с усатым типом листа содержался более высокий процент сухих веществ (43% от сухой массы ЛА в 2015 году и 39% – в 2016), чем в прилистниках представителей обычного морфотипа (37 и 34% соответственно).

Избыточное увлажнение в период «цветение – техническая спелость» стимулирует продолжение роста растений овощного гороха, закладку новых продуктивных узлов и образование бобов в ущерб их созреванию. В результате активных ростовых процессов в растениях накапливается больше пластических веществ, чем при засушливых условиях среды.

Полученные результаты по содержанию сухих веществ в надземной биомассе подтверждают, что растения овощного гороха восприимчивы к воздействию абиотических стресс-факторов внешней среды; при этом сорта разных морфотипов имеют схожую реакцию на их изменение. Однако нами отмечено, что у растений безлисточкового морфотипа показатели изменились в большей степени. Так, общее содержание сухих веществ у растений обычного морфотипа увеличилось в фазу «растение с 2–3 листьями» в 2016 году по сравнению с 2015 на 26,9%, в фазу «цветение» – на 39,2% и в фазу «техническая спелость» – на 40,6%, тогда как у безлисточкового эти показатели были равны 50,4%, 47,3 и 47,5 соответственно.

Стрессовые условия, сложившиеся на протяжении всего

вегетационного периода растений овощного гороха в 2015 году, могли повлиять не только на физиологические процессы накопления и распределения ассимилятов между надземными частями растений, но и на урожай «зеленого горошка». Применяемые различные методы математического анализа позволили установить, что степень воздействия средовых факторов на продуктивность растений овощного гороха составляет 12,7%, тогда как взаимодействие факторов «генотип» и «среда» – 39,2% (Abrosimova, Fadeeva, 2015). Другие исследования показали влияние среды от 69 до 71% на массу бобов с растения, количество бобов на растении, массу семян с растения (Kuzmina et al., 2016). По результатам наших исследований подтверждена значимость влияния сортов (Фактор А), погодных условий года (Фактор Б) и их взаимодействия на урожайность овощного гороха (табл. 2, при $p < 0,05$). Наибольшая доля в общей изменчивости урожайности «зеленого горошка» отмечена при взаимодействии факторов «генотип» и «среда» (33,3%); влияние каждого отдельного фактора было ниже: 25,5 и 13,3% соответственно.

Таблица 2. Результаты многофакторного дисперсионного анализа (MANOVA) по выявлению доли влияния факторов на урожайность овощного гороха в фазу технической спелости (Крымская ОСС ВИР; 2015, 2016 г.)

Table 2. The results of multifactorial analysis of variance (MANOVA) to identify the share of the factor-induced effect on the yield of vegetable peas in the technical ripeness phase (Krymsk Experiment Breeding Station of VIR; 2015, 2016)

Источник вариации	SS	Df	MS	F	p
Генотип (Фактор А)	1,65	16	0,10	3,91	$3,79\times10^{-5}$
Среда (Фактор Б)	0,86	1	0,86	32,71	$0,03\times10^{-5}$
Взаимодействие «генотип*среда »	2,15	16	0,13	5,10	$0,09\times10^{-5}$

SS – сумма квадратов, Df – число степеней свободы, MS – среднеквадратичное отклонение,
F – значение критерия Фишера, p – уровень значимости

SS – sum of squares; Df – number of degrees of freedom; MS – standard deviation;
F – *F*-test value; p – level of significance

Оценка групп сортов обычного морфотипа и безлисточкового по урожайности «зеленого горошка» в оба года изучения показала отсутствие между ними значимой разницы (рис. 1, результаты *t*-теста (independent samples) при p = 0,05). Поэтому дальнейший анализ мы проводили, сравнивая сорта с обычным и усатым типом листа со стандартами, относящимися к обычному морфотипу.

Графическое отображение урожайности овощного гороха (рис. 2) наглядно демонстрирует, что в засушливых условиях 2015 года показатели практически всех сортов были ниже по сравнению с данными за 2016 год. Значимая разница урожайности «зеленого горошка» выявлена у сортов: ранней группы созревания 'Асана' (+0,6 кг/м^2, по результатам Factorial ANOVA, LSD test, при $p < 0,05$), 'Прима' (+1,0), 'Стайл' (ус. л., +0,4); среднеранней – 'Бинго' (ус. л., +0,3) и среднепоздней – 'Парус' (ус. л., +0,4).

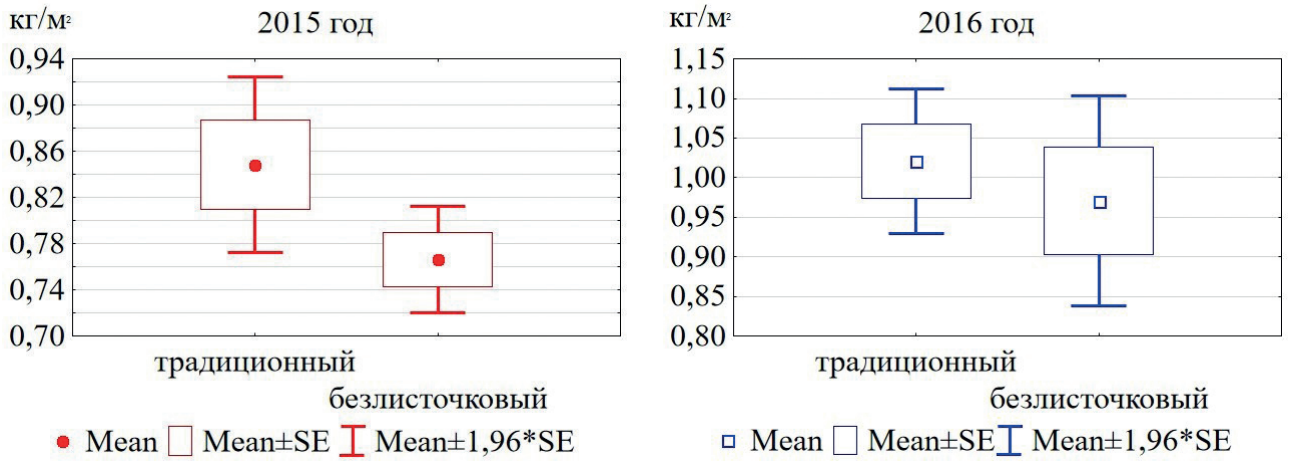


Рис. 1. Урожайность сортов овощного гороха обычного и безлисточкового морфотипов в 2015, 2016 г. (Крымская ОСС ВИР)

Примечание: Mean – среднее, SE – стандартная ошибка среднего).

Fig. 1. Yield of vegetable pea cultivars of common leafy and semi-leafless morphotypes in 2015 and 2016 (Krymsk Experiment Breeding Station of VIR)

Note: SE – standard error

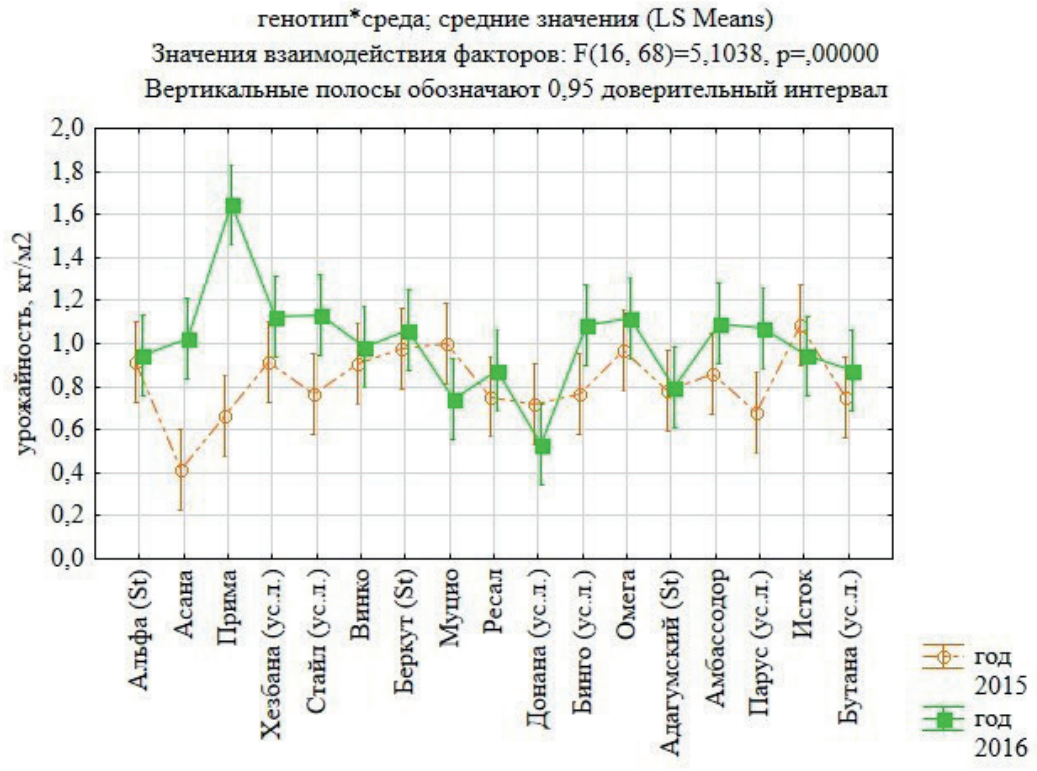


Рис. 2. Взаимодействие факторов «генотип» и «среда» по урожайности овощного гороха в фазу технической спелости, 2015, 2016 г. (Крымская ОСС ВИР)

Fig. 2. Interaction of the 'genotype' and 'environment' factors in the context of the yield of vegetable peas in the technical ripeness phase; 2015, 2016 (Krymsk Experiment Breeding Station of VIR)

Как отмечалось ранее, в 2015 году большая часть вегетационного периода овощного гороха всех групп спелости проходила в условиях сильной засухи, поэтому большинство сортов по уровню урожайности не отличались от стандартов. Значимая разница наблюдалась у сортов 'Асана' (табл. 3; −0,5 кг/м^2 к стандарту 'Альфа', LCD test, при $p < 0,05$) и 'Бутана' (ус. л. −0,3 кг/м^2 к стандарту 'Исток'). 2016 год был более благоприятным для роста и развития растений, однако в период налива бобов у растений сортов от среднеранней группы до среднепоздней выпало большое количество осадков, это вызвало заболачивание почвы и рост грибковых заболеваний, от которых наиболее сильно пострадал сорт 'Донана' безлисточкового морфотипа. Значимо отличались от стандартов по уровню урожайности следующие сорта: в группе раннего срока созревания – 'Прима' (+0,7 кг/м^2 к стандарту 'Альфа'); среднераннего – 'Муцио' (−0,3 к стандарту 'Беркут') и 'Донана' (ус. л., −0,53), среднеспелого – 'Амбассадор' (+0,3 кг/м^2 к стандарту 'Адагумский') и 'Парус' (ус. л. +0,3).

Таблица 3. Урожайность сортов овощного гороха обычного и безлисточкового морфотипов (Краснодарский край, 2015, 2016 г.)

Table 3. The yield of vegetable pea cultivars of common leafy and semi-leafless morphotypes (Krasnodar Territory; 2015, 2016)

№	Название сорта	ГС	№ каталога ВИР	Страна происхождения	Урожайность, кг/м^2		
					2015 г.	2016 г.	$x_{ср}$
1	Альфа (St)	1	к-7071	Россия	0,92	0,94	0,93
2	Асана	1	к-9944	Нидерланды	0,42*	1,02	0,72*
3	Прима	1	и-155213	Россия	0,66	1,65*	1,15*
4	Хезбана (ус. л.)	1	к-9812	Нидерланды	0,91	1,13	1,02
5	Стайл (ус. л.)	1	к-9814	США	0,77	1,13	0,95
6	Винко	1	к-9813	Нидерланды	0,91	0,98	0,95
7	Беркут (St)	2	к-8856	Россия	0,98	1,07	1,02
8	Муцио	2	к-9815	Нидерланды	1,00	0,74*	0,87
9	Ресал	2	к-9818	Нидерланды	0,75	0,88	0,82*
10	Донана (ус. л.)	2	к-9945	Нидерланды	0,72	0,53*	0,62*

№	Название сорта	ГС	№ каталога ВИР	Страна происхождения	Урожайность, кг/м²		
					2015 г.	2016 г.	$x_{ср}$
11	Бинго (ус. л.)	2	к-9820	Нидерланды	0,77	1,09	0,93
12	Омега	2	к-9819	Турция	0,97	1,12	1,04
13	Адагумский (St)	3	к-7216	Россия	0,78	0,80	0,79
14	Амбассадор	3	к-9946	Германия	0,86	1,09*	0,98*
15	Парус (ус. л.)	3	к-9350	Россия	0,68	1,07*	0,88
16	Исток (St)	4	к-9353	Россия	1,09	0,94	1,01
17	Бутана (ус. л.)	4	к-9947	Нидерланды	0,75*	0,87	0,81*
	ср. знач.				0,82	1,00**	0,91

Примечание: St – стандарт; (ус. л.) – безлисточковый морфотип
ГС (группа спелости): 1 – ранняя, 2 – среднеранняя, 3 – среднеспелая, 4 – среднепоздняя;
* – значения значимо отличающиеся от стандарта; ** – значимые отличия по годам, по результатам двухфакторного дисперсионного анализа с использованием критерия наименьшей существенной значимости (Factorial ANOVA, LSD test), при $p < 0,05$

Note: St – reference; (ус.л.) – semi-leafless morphotype
ГС (group of ripeness): 1 – early, 2 – mid-early, 3 – medium, 4 – mid-late;
* – values significantly differing from the reference; ** – significant differences by years according to the results of a two-factor analysis of variance using the least significance criterion (Multifactorial ANOVA, LSD test), at $p < 0.05$

Согласно анализу двулетних данных (см. табл. 3), по урожайности «зеленого горошка» значимо превзошли стандарты сорта 'Прима' (и-155213, Россия) и 'Амбассадор' (к-9946, Германия). Показатели сортов 'Асана' (к-9944, Нидерланды), 'Ресал' (к-9818, Нидерланды), 'Донана' (ус. л., к-9945, Нидерланды), 'Бутана' (ус. л., к-9947, Нидерланды) значимо уступали значениям сортов-стандартов селекции Крымской ОСС ВИР.

Заключение

Избыточное увлажнение на начальных этапах роста растений овощного гороха вызывало угнетение формирования листового аппарата и снижение содержания сухих веществ. Засушливый период при активном вегетативном росте и закладке генеративных органов привел к уменьшению накопления пластических веществ в листовом аппарате и надземной биомассе в сравнении с показателями при благоприятном сочетании погодных факторов. Избыточное увлажнение в период цветения и налива бобов спровоцировало активацию ростовых процессов, закладку новых репродуктивных органов и задержку налива бобов.

Реакция на неблагоприятные погодные условия у растений овощного гороха обычного и безлисточкового морфотипов носила общий характер. В неблагоприятных условиях 2015 года растениями изучаемых морфотипов в фенофазы «растение с 2–3 листьями», «цветение», «техническая спелость» было накоплено значимо меньше ассимилятов, и уровень их урожайности был значимо ниже. Между группами сортов обычного морфотипа и безлисточкового в оба года изучения по содержанию сухих веществ и уровню урожайности значимой разницы не выявлено.

На начальном этапе роста у растений овощного гороха безлисточкового морфотипа, в сравнении с обычным, при недостаточно сформировавшемся листовом аппарате более развиты осевые органы, способные к фотосинтезу. В фазу цветения листовой аппарат безлисточкового морфотипа разрастается и по доле сухих веществ, приходящихся на него, превышает данный показатель у обычных растений. Распределение ассимилятов в фазу технической спелости свидетельствует о том, что в растениях с усатым типом листа больше сухих веществ направляется в зерно, тогда как в осевые органы – меньше. Процент сухих веществ, приходящихся на листовой аппарат у изучаемых морфотипов, становится сопоставимым. Также нами отмечено, что у безлисточкового морфотипа в структуре листового аппарата на прилистники расходуется более высокий процент ассимилятов. Таким образом, указанные изменения позволяют растениям безлисточкового морфотипа продуцировать сопоставимое с обычным количество сухих веществ и формировать урожай на его уровне.

По результатам двулетних данных выявлены два сорта: 'Прима' (и-155213, Россия) и 'Амбассадор' (к-9946, Германия), значимо превышающие стандарты по урожайности «зеленого горошка».

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме 0662-2019-0002 «Научное обеспечение эффективного использования мирового генофонда зернобобовых культур и их диких родичей коллекции ВИР».

References/Литература

Abrosimova T.N., Fadeeva A.N. Adaptive capacity and breeding value of vegetable varieties from the pea collection (Adaptivnaya sposobnost i selektsionnaya tsennost kollektsii ovoshchnykh sortov gorokha). *Vegetable Crops of Russia.* 2015;1(26):27-30. [in Russian] (Абросимова Т.Н., Фадеева А.Н. Адаптивная способность и селекционная ценность коллекции овощных сортов гороха. *Овощи России*. 2015;1(26):27-30).

Agarkova S.N., Novikova N.E., Belyaeva R.V., Golovina E.V., Belyaeva Zh.A., Tsukanova Z.R., Mitkina N.I. Features of the formation of productivity and adaptive reactions in leguminous crop varieties with recessive alleles of genes (Osobennosti formirovaniya produktivnosti i adaptivnykh reaktsiy u sortov zernobobovykh kultur s retsessivnymi allelyami genov). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2016;177(2):22-39. [in Russian] (Агаркова С.Н., Новикова Н.Е., Беляева Р.В., Головина Е.В., Беляева Ж.А., Цуканова З.Р., Митькина Н.И. Особенности формирования продуктивности и адаптивных реакций у сортов зернобобовых культур с рецессивными аллелями генов.

Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016;177(2):22-39). DOI: 10.30901/2227-8834-2016-2-22-39

Akumaga U., Tarhule A., Piani C., Traore B., Yusuf A.A. Utilizing process-based modeling to assess the impact of climate change on crop yields and adaptation options in the Niger river basin, West Africa. *Agronomy.* 2018;8(2):11. DOI:10.3390/agronomy8020011

Amelin A.V., Petrova S.N. Features of climate change on the territory of Orel Province over the past 100 years and their impact on the development of crop production in the region (Osobennosti izmeneniy klimata na territorii Orlovskoy oblasti za posledniye 100 let i ikh vliyaniye na razvitiye rastenievodstva v regione). *Vestnik OrelGAU = Bulletin of Orel State Agrarian University.* 2006;2/3:75-78. [in Russian] (Амелин А.В., Петрова С.Н. Особенности изменений климата на территории Орловской области за последние 100 лет и их влияние на развитие растениеводства в регионе. *Вестник ОрелГАУ*. 2006;2/3:75-78).

Andreev N.R., Lukin N.D., Bykova S.T. The use of starch products to improve the quality of bakery products (Primeneniye krakhmaloproduktov dlya uluchsheniya kachestva khlebobulochnykh izdeliy). In: *Proceedings of the International Conference 'Bakery Production' – 2014*. Moscow; 2014. p.45-52. [in Russian] (Андреев Н.Р., Лукин Н.Д., Быкова С.Т. Применение крахмалопродуктов для улучшения качества хлебобулочных изделий. В сб.: *Материалы докладов Международной конференции "Хлебопекарное производство – 2014"*. Москва; 2014. С.45-52).

Arshad M., Shaharoona B., Mahmood T. Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea (*Pisum sativum* L.). *Pedosphere.* 2008;18(5):611-620. DOI: 10.1016/S1002-0160(08)60055-7

Belford R.K., Cannell R.Q., Thomson R.J., Dennis C.W. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 1980;31(9):857-869. DOI: 10.1002/jsfa.2740310902

Benjamin J.G., Nielsen D.C. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field Crops Research.* 2006;97(2):248-253. DOI: 10.1016/j.fcr.2005.10.005

Besedin A.G. The main trends and results of garden pea breeding in Kuban (Osnovnye napravleniya i rezultaty selektsii gorokha ovoshchnogo na Kubani). *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia.* 2015;36(6). Available from: http://journal.kubansad.ru/pdf/15/06/11.pdf [in Russian] (Беседин А.Г. Основные направления и результаты селекции гороха овощного на Кубани. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2015;36(06). Доступно по: http://journal.kubansad.ru/pdf/15/06/11.pdf

Dragavtsev V.A., Dragavtseva I.A., Efimova I.L., Morenets A.S., Savin I.Yu. Management of the 'genotype–environment' interaction is the most important lever for increasing yields of cultivated plants (Upravleniye vzaimodeystviyem "genotip – sreda" – vazhneyshiy rychag povysheniya urozhayev selskokhozyaystvennykh rasteniy). *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University.* 2016;2(59):105-121. [in Russian] (Драгавцев В.А., Драгавцева И.А., Ефимова И.Л., Моренец А.С., Савин И.Ю. Управление взаимодействием «генотип – среда» – важнейший рычаг повышения урожаев сельскохозяйственных растений. *Труды Кубанского государственного университета*. 2016;2(59):105-121).

Dresselhaus T., Hückelhoven R. Biotic and abiotic stress responses in crop plants. *Agronomy.* 2018;8(11):267. DOI: 10.3390/agronomy8110267

Drozd A.M. Vegetable peas (Ovoshchnoy gorokh). *Trudy plodoovoshchnoy OSS = Proceedings of Fruit and Vegetable Experimental Breeding Station.* Krasnodar; 1956;1:30-40. [in Russian] (Дрозд А.М. Овощной горох. *Труды плодоовощ. ОСС*. Краснодар; 1956;1:30-40).

Ershova A.N., Barkalova O.N. Isolation, chromatographic purification and properties of β-glucosidase of pea plants subjected to hypoxia and CO_2-environment (Vydeleniye, khromatograficheskaya ochistka i svoystva β-glyukozidady rasteniy gorokha, podvergnutykh vozdeystviyu gipoksii i CO_2-sredy). *Sorption and chromatographic processesю* 2009;9(5):714-721. [in Russian] (Ершова А.Н., Баркалова О.Н. Выделение, хроматографическая очистка и свойства β-глюкозидазы растений гороха, подвергнутых воздействию гипоксии и CO_2-среды. *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2009;9(5):714-721).

Ershova A. N., Popova N. V., Berdnikova O. S. Production of reactive oxygen species and antioxidant enzymes of pea and soybean plants under hypoxia and high CO_2 concentration in medium (Produktsiya aktivnykh form kisloroda i antioksidantnye fermenty rasteniy gorokha i soi pri gipoksii i vysokom soderzhanii CO_2 v srede). *Russian Journal of Plant Physiology.* 2011;58(6):834-843. [in Russian] (Ершова А.Н., Попова Н.В., Бердникова О.С. Продукция активных форм кислорода и антиоксидантные ферменты растений гороха и сои при гипоксии и высоком содержании CO_2 в среде. *Физиология растений*. 2011;58(6):834-843).

Goldman I.L., Gritton E.T. Seasonal variation in leaf component allocation in normal, afila, and afila-tendrilled acacia pea foliage near-isolines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1992;117(6):1017-1020.

Guillon F., Champ M.M.J. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *British Journal of Nutrition.* 2002;88(53): 293–306. DOI: 10.1079/BJN2002720

Jeuffroy M.H., Duthion C., Meynard J.M., Pigeaire A. Effect of a short period of high day temperatures during flowering on the seed number per pod of pea (*Pisum sativum* L). *Agronomie.* 1990;10(2):139-145.

Jiang Y., Lahlali R., Karunakaran C., Warkentin T.D., Davis A.R., Bueckert R.A. Pollen, ovules, and pollination in pea: Success, failure, and resilience in heat. *Plant, cell & environment*. 2019;42(1):354-372. DOI: 10.1111/pce.13427

Kilchevsky A.V. Genetic and ecological bases of plant breeding (Genetiko-ekologicheskiye osnovy selektsii rasteniy). *Vestnik VOGiS*, 2005;9(4):518-526. [in Russian] (Кильчевский А.В. Генетико-экологические основы селекции растений. *Вестник ВОГиС*. 2005;9(4):518-526).

Kof E.M., Vinogradova I.A., Oorzhak A.S., Kalibernaya Z.V. Growth rates of shoot and root in intact plants of leafy pea mutants (Skorosti rosta pobega i kornya u intaktnykh rasteniy listovykh mutantov gorokha). *Russian Journal of Plant Physiology.* 2006;53(1):128-138. [in Russian] (Коф Э.М., Виноградова И.А., Ооржак А.С., Калиберная З.В. Скорости роста побега и корня у интактных растений листовых мутантов гороха. *Физиология растений*. 2006;53(1):128-138).

Kolesnik L.S. Dietary boiled sausages with the functional component – resistant starch (Dieticheskiye varenye kolbasnye izdeliya s funktsionalnym komponentom – rezistentnym krakhmalom). *Biologiya v selskom khozyaystve = Biology in Agriculture.* 2017;2(15):26-32. [in Russian] (Колесник Л.С. Диетические вареные колбасные изделия с функциональным компонентом – резистентным крахмалом. *Биология в сельском хозяйстве*. 2017;2(15):26-32).

Kondakova M.A., Ukolova I.V., Borovskii G.B., Voynikov V.K. Hypothermia effect on the content of oxidative phosphorylation supercomplexes and complexes in mitochondria from pea seedlings of *Pisum sativum* L. (Vliyaniye gipertermii na soderzhaniye superkompleksov i kompleksov sistemy okislitelnogo fosforilirovaniya v mitokhondriyakh prorostkov gorokha *Pisum sativum* L.) *Vestnik IrGSHA = Bulletin of Irkutsk State Agricultural Academy.* 2016;77:71-78. [in Russian] (Кондакова М.А., Уколова И.В., Боровский Г.Б., Войников В.К. Влияние гипертермии на содержание суперкомплексов и комплексов системы окислительного фосфорилирования в митохондриях проростков гороха *Pisums sativum* L. *Вестник ИрГСХА*. 2016;77:71-78).

Kuzmina S.P., Kazydub N.G., Bondarenko E.V. Studying vegetable pea accessions for environmental plasticity at Omsk State Agrarian University (Izucheniye obraztsov ovoshchnogo gorokha po ekologicheskoy plastichnosti v Omskom GAU). *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University.* 2016;4(67):67-73. [in Russian] (Кузьмина С.П., Казыдуб Н.Г., Бондаренко Е.В. Изучение образцов овощного гороха по экологической пластичности в Омском ГАУ. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;4(67):67-73).

Novikova N.E., Lakhanov A.P. On the yield stability of pea varieties with the tendrillar type of leaves (O stabilnosti urozhaynosti sortov gorokha s usatym tipom lista). *Agrarian Russia.* 2002;1:43-45. [in Russian] (Новикова Н.Е., Лаханов А.П. О стабильности урожайности сортов гороха с усатым типом листа. *Аграрная Россия*. 2002;1:43-45).

Novikova N.E., Zotikov V.I., Fenin D.M. Mechanisms of antioxidant protection in the adaptation of pea genotypes (*Pisum sativum* L.) to unfavorable abiotic environmental factors (Mekhanizmy antioksidantnoy zashchity pri adaptatsii genotipov gorokha (*Pisum sativum* L.) k neblagopriyatnym abioticheskim faktoram sredy). *Vesnik OrelGAU Bulletin of Orel State Agrarian University.* 2011;2:5-8. [in Russian] (Новикова Н.Е., Зотиков В.И., Фенин Д.М. Механизмы антиоксидантной защиты при адаптации генотипов гороха (*Pisum sativum* L.) к неблагоприятным абиотическим факторам среды. *Вестник ОрелГАУ*. 2011;2:5-8).

O'Leary G., Aggarwal P., Calderini D., Connor D., Craufurd P., Eigenbrode S. et al. Challenges and responses to ongoing and projected climate change for dryland cereal production systems throughout the world. *Agronomy.* 2018;8(4):34. DOI: 10.3390/agronomy8040034

Omelyanyuk L.V., Asanov A.M. Productivity of leguminous crop accessions developed at Siberian Research Institute of Agriculture under varying weather conditions during the growing season (Produktivnost obraztsov zernobobovykh kultur, sozdannykh v GNU SibNIISKh, v zavisimosti ot pogodnykh usloviy vegetatsii). *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2013;5:17-20. [in Russian] (Омельянюк Л.В., Асанов А.М. Продуктивность образцов зернобобовых культур, созданных в ГНУ СибНИИСХ, в зависимости от погодных условий вегетации. *Достижения науки и техники АПК*. 2013;5:С. 17-20).

Oorzhak A.S. Study of the growth and productivity of leafy pea mutants of *Pisum sativum* L. (Izucheniye rosta i produktivnosti listovykh mutantov gorokha *Pisum sativum* L.). *Trudy Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of Tomsk State University.* 2010;274:284-287. [in Russian] (Ооржак А.С. Изучение роста и продуктивности листовых мутантов гороха *Pisum sativum* L. *Труды Томского государственного университета*. 2010;274:284-287).

Osman H.S. Enhancing antioxidant-yield relationship of pea plant under drought at different growth stages by exogenously applied glycine betaine and proline. *Annals of Agricultural Sciences.* 2015;60(2):389-402. DOI: 10.1016/j.aoas.2015.10.004

Pathak T., Maskey M., Dahlberg J., Kearns F., Bali K., Zaccaria D. Climate change trends and impacts on California agriculture: A detailed review. *Agronomy.* 2018;8(3):25. DOI: 10.3390/agronomy8030025

Schleussner C.-F., Deryng D., Müller C., Elliott J., Saeed1 F., Folberth C., Liu W., Wang X., Pugh A M T., Thiery W., Seneviratne I. S., Rogelj J. Crop productivity changes in 1.5°C and 2°C worlds under climate sensitivity uncertainty. *Environmental Research Letters.* 2018;13(6):064007. DOI: 10.1088/1748-9326/aab63b

Shelepina N.V. The use of high amylose pea starch in the production of functional foods (Ispolzovaniye vysokoamiloznogo gorokhovogo krakhmala v proizvodstve funktsionalnykh pishchevykh produktov). *Voprosy pitaniya = Problems of nutrition.* 2016;85(Suppl2):221. [in Russian] (Шелепина Н.В. Использование высокоамилозного горохового крахмала в производстве функциональных пищевых продуктов. *Вопросы питания*. 2016;85(Suppl2):221).

Snoad B., Frusciante L., Monti L. M. The effects of three genes which modify leaves and stipules in the pea plant. *Theoretical and Applied Genetics.* 1985;70(3):322-329.

Vishnyakova M.A. The ways of effective use of plant genetic resources in creation of competitive domestic varieties of grain legumes (Puti effektivnogo ispolzovaniya geneticheskikh resursov raseniy v sozdanii konkurentosposobnykh otechestvennykh sortov zernobobovykh kultur). *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University.* 2015;3(54):111-117. [in Russian] (Вишнякова М.А. Пути эффективного использования генетических ресурсов растений в создании конкурентоспособных отечественных сортов зернобобовых культур. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015;3(54):111-117).

Vishnyakova M.A., Bulyntsev S.V., Buravtseva T.V., Burlyaeva M.O., Seferova I.V. et al.. Collection of the world's genetic resources of grain legumes at VIR: replenishment, preservation and study. Methodological guidelines (Kollektsiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh kultur VIR: popolneniye, sokhraneniye i izucheniye. Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Вишнякова М.А., Булынцев С.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Сеферова И.В. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. СПб.: ВИР; 2010).

Yankovskaya G.P., Dosina E.S., Chaikovsky A.I. Productivity and biochemical structure of vegetable pea hybrids (Urozhaynost i biokhimicheskiy sostav gibridov gorokha ovoshchnogo). *Ovoshchevodstvo = Vegetable Growing.* 2008;13:82-90. [in Russian] (Янковская Г.П., Досина Е.С., Чайковский А.И. Урожайность и биохимический состав гибридов гороха овощного. *Овощеводство*. 2008;13:82-90).

Zhuchenko A.A. Present and future of the adaptive plant breeding and seed production system based on identification and systematization of plant genetic resources (Nastoyashcheye i budushcheye adaptivnoy sistemy selektsii i semenovodstva rasteniy na osnove identifikatsii i sistematizatsii ikh geneticheskikh resursov). *Agricultural Biology.* 2012;5:3-19. [in Russian] (Жученко А.А. Настоящее и будущее адаптивной системы селекции и семеноводства растений на основе идентификации и систематизации их генетических ресурсов. *Сельскохозяйственная биология*. 2012;5:3-19).

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
Путина О.В., Беседин А.Г. Абиотические стресс-факторы и их влияние на накопление ассимилятов растениями и урожайность овощного гороха. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):51-59.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-51-59

Putina O.V., Besedin A.G. Abiotic stressors and their effect on the accumulation of assimilates by plants and the yield of vegetable pea. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):51-59.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-51-59

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-51-59

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ОЦЕНКА САМОПЛОДНОСТИ СОРТОВ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-60-72
УДК 634.723.1:581.162.31(470.2)
Поступление/Received: 12.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

О. А. ТИХОНОВА

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

EVALUATION OF SELF-FERTILITY IN BLACK CURRANT CULTIVARS IN THE NORTHWEST OF RUSSIA

O. A. TIKHONOVA

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. Высокая урожайность является одним из основных требований, предъявляемых к современным сортам черной смородины. Она зависит от многих факторов, в том числе и от степени самоплодности сорта. Высокосамоплодные сорта имеют особую значимость в зонах с неблагоприятными погодными условиями во время цветения, поскольку способны обеспечить стабильную урожайность даже в моносортных посадках. В связи с этим изучение самоплодности сортов с целью выделения лучших по степени проявления признака для использования в селекции и промышленного возделывания является очень важным. **Материалы и методы.** Изучение самоплодности проводили в 2014–2017 гг. на коллекции черной смородины научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Объектами исследования служили 57 сортов черной смородины различного генетического и эколого-географического происхождения. Степень самоплодности определяли по общепринятым методикам в трех вариантах опыления: 1) естественное самоопыление, 2) искусственное самоопыление, 3) свободное опыление. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Microsoft Excel и методических указаний Б. А. Доспехова. **Результаты и выводы.** На основании проведенного изучения выделены высокосамоплодные сорта, которые могут служить ценным исходным материалом для использования в селекции: ‘Навля’ (к-42228), ‘Добрыня’ (к-42121), ‘Голубичка’ (к-32624), ‘Голосиевский великан’ (к-44176), ‘Валентина’ (к-15631А), ‘Козацкая’ (к-44187), ‘Арапка’ (к-44175), ‘Канахама’ (к-44197), ‘Фат’ (к-42509). Высокую гарантированную урожайность в условиях Северо-Запада России способны обеспечивать сорта, сочетающие высокую самоплодность с крупноплодностью: ‘Валентина’ (к-15631А), ‘Вернисаж ’(к-43126) ‘Гармония’ (к-40677), ‘Добрыня’ (к-42121), ‘Десертная Огольцовой’ (к-45670), ‘Канахама’ (к-44197), ‘Мила’ (к-40673), ‘Севчанка’ (к-45551), ‘Софиевская’ (к-43131), ‘Талисман’ (к-44183), ‘Юбилейная Копаня’ (к-44189), ‘Karri’ (к-44172), ‘Шалунья’ (к-41988), ‘Joninai’ (к-43124) и образец 2780-20-33 (к-15575А). Свободное опыление и искусственное самоопыление положительным образом влияют на величину завязываемости, массу плода и семенную продуктивность, и, напротив, при естественной автогамии прослеживается тенденция к уменьшению массы ягоды и количества семян в ней.

Ключевые слова: самоопыление, свободное опыление, завязываемость ягод, семенная продуктивность, коэффициент вариации.

Background. High yield is one of the main requirements for modern black currant cultivars. It depends on many factors, but is always linked to self-fertility. Highly self-fertile cultivars are of particular importance in areas with unfavorable weather conditions during flowering, because they are able to provide high yields even in single-cultivar plantings. In this regard, it is very important to study self-fertility of cultivars in order to identify those with the highest level of this character for use in breeding and large-scale cultivation. **Materials and methods.** The study of self-fertility was carried out at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR in 2014–2017. Fifty-seven black currant cultivars of different genetic and ecogeographic origin were the material of the research. The degree of self-fertility was measured by conventional techniques in 3 variants of pollination: 1) natural self-pollination; 2) artificial self-pollination; and 3) free pollination. Statistical data processing was performed using Microsoft Excel and the guidelines by B. A. Dospekhov. **Results and conclusions.** Highly self-fertile cultivars were identified, which may be recommended for breeders as sources of this trait: ‘Navlya’ (k-42228), ‘Dobrynya’ (k-42121), ‘Golubichka’ (k-32624), ‘Golosievsky velikan’ (k-44176), ‘Valentina’ (k-15631A), ‘Kozatskaya’ (k-44187), ‘Arapka’ (k-44175), ‘Kanakhama’ (k-44197) and ‘Fat’ (k-42509). High yield in the Northwest of Russia can be secured by cultivars that combine high self-fertility with large fruit size: ‘Valentina’ (k-15631A), ‘Vernisazh’ (k-43126), ‘Garmoniya’ (k-40677), ‘Dobrynya’ (k-42121), ‘Desertnaya Ogoltsovoy’(k-45670), ‘Joninai’ (k-43124), ‘Kanakhama’ (k-44197), ‘Karri (k-44172), ‘Mila’ (k-40673), ‘Sevchanka’(k-45551), ‘Sofievskaya’(k-43131), ‘Talisman’ (k-44183), ‘Yubileinaya Kopanya’ (k-44189), ‘Shalunya’(k-41988), and accession 2780-20-33 (k-15575A). It is shown that free pollination and artificial self-pollination provide a positive impact on the fruit setting level, fruit weight and seed productivity. Natural autogamy, on the contrary, tends to decrease the weight of berries and the number of seeds in them.

Key words: self-fertility, free pollination, fruit setting, seed number per berry, coefficient of variation.

Введение

Высокая урожайность является одним из основных требований, предъявляемых к современным сортам черной смородины. Этот показатель определяется многими факторами, но всегда неразрывно связан с самоплодностью.

Способность сорта опыляться своей пыльцой имеет особую значимость в зонах с неблагоприятными погодными условиями во время цветения. К числу таких зон относится и Северо-Западный регион России, где в период цветения черной смородины нередки сильные, порой ураганные ветры, дожди и невысокие положительные температуры воздуха в течение длительного времени. В таких условиях перекрестное опыление затруднено, а зачастую становится невозможным вообще. Гарантированную урожайность в этом случае могут обеспечить только высокосамоплодные сорта (Tikhonova, 2015), а самобесплодные совсем не завязывают ягод или завязывают их очень мало (Zhdanov, 1970, 1971).

На данный момент нет однозначного мнения о природе самоплодности. Ряд исследователей считает, что причиной может быть апомиксис (Korotkov, 1989; Koloteva, 1981, 1990). Сходную точку зрения высказывает и А. Г. Смирнов (Smirnov, 1972). В. В. Жданов (Zhdanov, 1970), напротив, утверждает, что нет оснований считать, что самоплодность сортов черной смородины обусловлена склонностью их к партенокарпии и апомиксису. Проведенные им исследования показали, что самобесплодные сорта имеют морфологические и физиологические препятствия, которые в отдельных случаях могут привести к полному отсутствию автогамии.

Исследованиями Г. П. Раинчиковой (Rainchikova, 1971) установлено, что пыльца самоплодных и средне самоплодных сортов физиологически самосовместима. Сорта с низкой степенью самоплодности имеют очень низкую совместимость пыльцы, что практически исключает процесс самоопыления.

По мнению N. T. Arasu (1969), причина самонесовместимости имеет генетическую основу. К таким выводам он пришел в результате цитоэмбриологического изучения пыльцы 7 самобесплодных видов рода *Ribes* L. Он установил, что цветки смородины имеют полые столбики, и пыльцевые трубки могут беспрепятственно достигать основания столбика, но оплодотворения при этом не происходит.

Способность сорта к самоопылению связывают и с особенностями морфологического строения цветка (Voluznev, Zazulina, 1983), но четкой зависимости между уровнем самоплодности сортов и таким морфологическим признаком, как взаимное расположение пыльников и рыльца пестика, не наблюдается (Vavilov, 1980). Предположение о том, что более высокой самоплодностью обладают растения, у которых длина тычинок равна или больше длины пестиков, не нашло полного подтверждения, и было выявлено немало сортов с достаточным уровнем самоплодности, у которых тычинки значительно ниже пестика (Ogoltsova, 1992). Расположение рыльца выше уровня пыльников является вторичным, сопряженным признаком низкой степени самоплодности. Размещение рыльца на уровне и ниже пыльников часто свойственно физиологически самосовместимым сортам (Zhdanov, 1970).

Исследованиями Н. И. Пановой (Panova, 2000) показано, что длинностолбчатые сорта и формы груши образуют пыльцу более высокой жизнеспособности по сравнению со средне- и короткостолбчатыми, но по числу зерен, попавших на рыльце и проросших на нем, наблюдается совершенно иная картина. В этом случае очень низкие показатели имели сорта и формы с длинными столбиками.

Низкопестичные цветки особенно важны в плохую погоду: во время дождя и при наличии фертильности пыльца попадает на рыльце пестика и начинает прорастать. Такое строение цветка благоприятно сказывается в зонах, где выпадает большое количество дождей, высокая влажность, частые туманы. Они не определяют самоплодности сорта, но при наличии самоплодности влияют на величину урожайности (Voluznev, Zazulina, 1983).

Немаловажное значение в процессах опыления и оплодотворения имеет качество пыльцы, т. е. ее фертильность и жизнеспособность.

Формирование качественной пыльцы является важнейшим фактором, обеспечивающим нормальное оплодотворение и дальнейшее развитие семян (Buglova, 2015). На формирование морфологически зрелой (фертильной) пыльцы большое влияние оказывают погодные условия. Развитие пыльцевых зерен считается одним из онтогенетических процессов, наиболее чувствительных к любым изменениям внешних условий и особенно температур (Koteeva et al., 2015).

Погодные условия имеют немаловажное значение и в дальнейшем, уже при попадании пыльцы на рыльце пестика. Установлено, что в условиях пониженных температур пыльцевые трубки проходят большую длину столбика, тогда как при повышенных температурах рост их резко замедляется (Panova, 2000). Кроме того, в жаркую сухую погоду происходит очень быстрое иссушение секрета, выделяемого железистой тканью рылец, и снижается период активного восприятия пыльцы рыльцем пестика.

Исследованиями В. В. Жданова (Zhdanov, 1970) показано, что повышению самофертильности сортов способствует снижение среднесуточной температуры воздуха в период цветения до 7–15°С, не сопровождающееся дождливой погодой.

Изучение самоплодности сортов в разных эколого-географических пунктах показало, что большинство сортов той или иной группы остаются самоплодными или самобесплодными в разных местах произрастания. Изменяется лишь степень завязываемости (Volodina, 1972).

Высокосамоплодные сорта представляют особую ценность для промышленного и любительского садоводства, поскольку они способны обеспечить высокую урожайность даже в моносортных посадках. В связи с этим поиск и выделение таких сортов является одним из важных направлений селекции черной смородины. Изучение самоплодности новых сортов, привлеченных в коллекцию, и выделение сортов с высоким уровнем проявления признака для использования в селекции и промышленного возделывания и явилось *целью нашего исследования*.

Материал и методика

Изучение самоплодности проводили в 2014–2017 гг. на коллекции черной смородины научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лабо-

ратории ВИР», расположенной в 30 км к югу от г. Санкт-Петербурга. Объектами исследования служили 57 сортов черной смородины различного генетического и эколого-географического происхождения (табл. 1).

Таблица 1. Группировка сортов черной смородины по эколого-географическому и генетическому происхождению
Table 1. Grouping of black currant cultivars according to their ecogeographic and genetic origin

Географическое происхождение	Название сорта	Генетическая группа
1	2	3
Брянск, ВНИИ люпина	Голубичка (к-42514), Гулливер (к-45402), Добрыня (к-42121), Изюмная (к-40603), Навля (к-42228), Нара (к-40606), Севчанка (к-45551)	ESDSk
С.-Петербург, ВИР	Андреевская (к-15630А), Валентина (к-15631А), Олеша (к-42634)	ESDSk
С.-Петербург, ЛПООС	Марго (к-42117)	ESDSk
Орел, ВНИИСПК	Арапка (44175), 2780-20-33*(к-15575А)	ESDSkRnRgG
–«–	Десертная Огольцовой (к-45670), Искушение (к-42116)	ESDSk
Мичуринск, ФНЦ им. И. В. Мичурина	Талисман (к-44183)	ESDSk
–«–	Шалунья (к-41988)	ESD
Мичуринск, Мичуринский ГАУ	Июньская Кондрашовой (к-35812) Светлолистная (к-43129)	ESD ESDSk
Барнаул, НИИСС им. М. А. Лисавенко	Гармония (к-40677), Забава (к-40672), Канахама (к-44197), Лучия (к-45543), Мила (к-40673), Поклон Борисовой (к-40670), Шаровидная (к-40670), Экстрим (к-43122)	ESDSk
–«–	Руслан (к-45550), Садко (к-43121)	ESD
Екатеринбург, Свердловская ССС	Василиса (к-41972)	ESSk
Новосибирск, НЗПЯОС им. И. В. Мичурина	Глариоза (к-42473) Подарок Куминову (к-42529) Рахиль (к-40536)	ESDSk ESD ESDCanSk
Красноярск, Красноярская о. с.	Думушка (к-42516)	ESDSk
Украина	Альта (к-43125), Козацкая (к-44187), Консул (к-43128)	ESD
Украина	Вернисаж (к-43126)	ESDRnUs
–«–	Софиевская (к-43131), Казкова (к-44196), Ярынка (к-44190)	ESDSk
–«–	Юбилейная Копаня (к-44189)	ESSk
–«–	Голосиевский великан (к-44176)	ESD
–«–	Диамант (к-44186), Фат (к-42509)	не установлено
Эстония, Polli Hort. Inst.	Albos (к-42509)	ES
–«–	Almo (к-44169), Elo (к-44171)	ESDSk
–«–	Ats (к-44166)	ESSk
–«–	Karri (к-44172)	ESD
–«–	Mulgi must (к-38061), Varmas (к-44174)	ES
Литва, Inst. of Horticulture	Joninai (к-43124)	ESD
Швеция, Balsgård	Intercontinental (к-43123)	Bri 74020-11 × ESUsSk
не установлено	Black Magic (к-44170), Татран Слава (к-44182), Гранд Европа (к-44181)	не установлено

Примечание: *– элитный сеянец селекции ВНИИСПК (Орел).
ES – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum*; ESD – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha*;
ESDSk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × скандинавский экотип *R. nigrum*;
ESDRnUs – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × *R. nigrum* × *R. ussuriense*;
ESDCan Sk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × *R. canadense* × скандинавский экотип *R. nigrum*;
ESDSkRnRgG – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × скандинавский экотип *R. nigrum* × *R. nigrum* × *R. glutinosum* × *Grossularia reclinata*;
ESSk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × скандинавский экотип *R. nigrum*;
ESUsSk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. ussuriense* × скандинавский экотип *R. nigrum.*

Note: * – elite seedling bred at the Research Institute of Fruit Crop Breeding (Orel).
ES – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum*;
ESD – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha*;
ESDSk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × Scandinavian ecotype *R. nigrum*;
ESDRnUs – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × *R. nigrum* × *R. ussuriense*;
ESDCan Sk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × *R. canadense* × Scandinavian ecotype *R. nigrum*;
ESDSkRnRgG – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha* × Scandinavian ecotype *R. nigrum* × *R. nigrum* × *R. glutinosum* × *Grossularia reclinata*;
ESSk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × Scandinavian ecotype *R. nigrum*;
ESUsSk – *R. nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. ussuriense* × Scandinavian ecotype *R. nigrum.*

Степень самоплодности сортов определяли в соответствии с методическими указаниями (Programme..., 1980; 1999) в трех вариантах опыления: 1) естественное самоопыление под изолятором без искусственного нанесения пыльцы; 2) искусственное опыление пыльцой, собранной с разных кустов одного и того же сорта; 3) свободное опыление цветков, которое служило контролем. Изучение проводили в течение 3 лет по каждому сорту. При анализе полученных данных учитывали завязываемость, массу ягоды и семенную продуктивность по каждому варианту опыления. Для окончательной оценки успешности оплодотворения высчитывали показатель эффективности оплодотворения – «урожай 100 цветков», который получается путем умножения процента завязавшихся ягод на средний вес одной ягоды в каждом варианте опыления. Основанием для отнесения сорта в соответствующую группу самоплодности служила завязываемость ягод при естественном самоопылении. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Microsoft Excel и методических указаний (Dospekhov, 1985).

Погодные условия. Цветение сортов черной смородины в 2014–2015 гг. проходило при достаточно благоприятных погодных условиях (рис. 1), было дружным и обильным, продолжительностью 8–14 дней. В 2016 г. жаркая сухая погода, установившаяся в конце апреля – первой декаде мая спровоцировала раннее цветение растений, которое началось 2–5 мая. Практически у всех сортов степень цветения оценивалась 4–5-ю баллами; цветение протекало в довольно сжатые сроки – продолжительность его составила в среднем 7 дней.

Метеорологические условия 2017 г. резко отличались от вегетационных периодов предшествующих лет (см. рис. 1). Очень сложными были погодные условия и предыдущего вегетационного периода – прохладное лето с длительными затяжными дождями, которые начались в первой декаде июня и продолжались практически все лето; ранняя дождливая осень, раннее выпадение снежного покрова, продержавшегося очень короткое время, и наступивший затем длительный бесснежный период с ранними морозами – все эти факторы оказали негативное воздействие не только на подготовку растений к перезимовке, но и на процессы закладки и формирования генеративных органов. Кроме того, весной, во время вегетации растений, продолжительное время держалась очень холодная погода, что в значительной степени затормозило ростовые процессы и отрицательно сказалось в последующем на качестве цветения. В период выдвижения кистей и начала цветения наблюдалось значительное похолодание, которое продолжалось довольно длительное время. При этом у ряда сортов (‘Гармония’, ‘Забава’, ‘Мила’, ‘Black Magic’) произошло подмерзание генеративных органов еще на стадии бутона. Цветение растений из-за прохладной погоды наступило лишь в конце второй – начале третьей декады мая и продолжалось в среднем 9–13 дней. Разница в сроках наступления данной фенофазы между ранними и поздними сортами не превышала 6–7 дней.

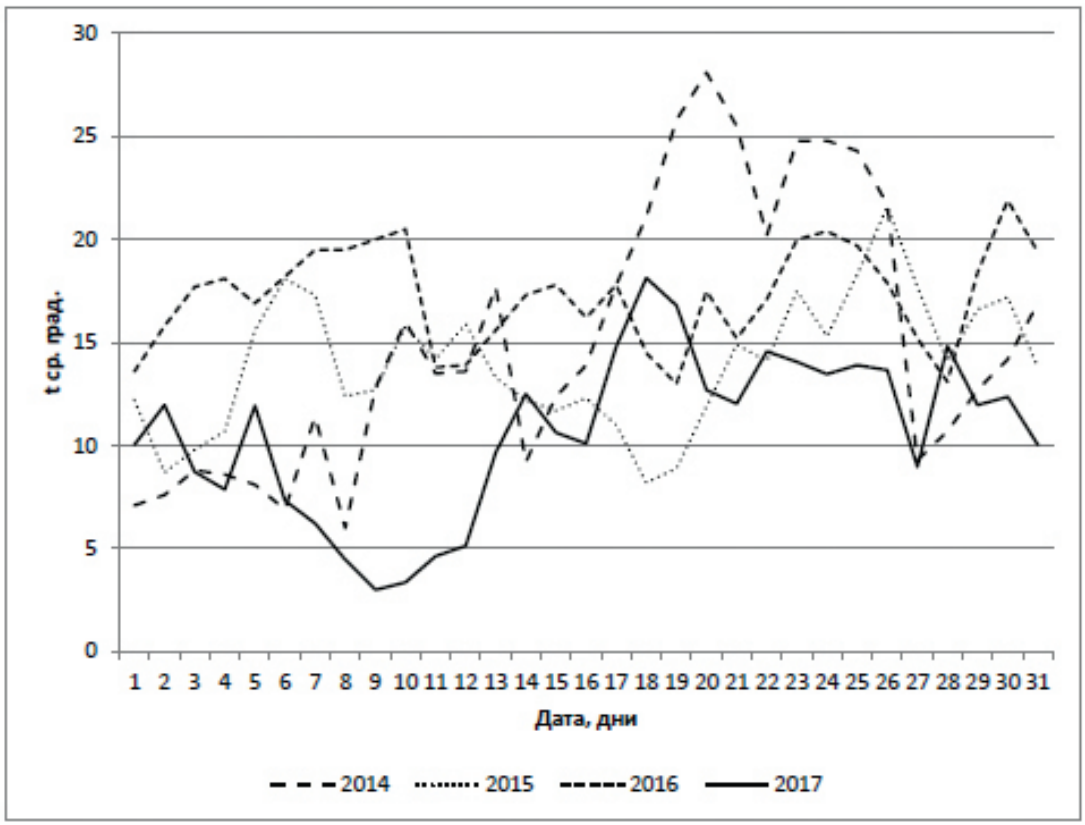


Рис. 1. Средняя температура воздуха в годы исследований (Санкт-Петербург, май 2014–2017 гг.)
Fig. 1. Mean air temperature during the years of study (St. Petersburg; May, 2014–2017)

Минимальная температура воздуха во время цветения составила 5,2–9,6°С. Несмотря на то что у большинства сортов подмерзание бутонов было единичным или отсутствовало, степень цветения их была ниже по сравнению с более благоприятными годами (2014–2016 гг.). У ряда ранних сортов помимо гибели бутонов наблюдалось осыпание цветков и молодых завязей.

Результаты и обсуждение

Основным показателем, дающим представление о самоплодности сорта при односортной посадке и без участия насекомых-опылителей, является естественное самоопыление. Искусственное самоопыление имитирует участие в опылении насекомых-опылителей, а свободное опыление отражает завязываемость плодов в условиях конкретного года при воздействии всех имеющихся факторов среды (Gruner, Kuleshova, 2017).

Анализ полученных данных позволил установить, что завязываемость ягод изучаемых сортов была различной в зависимости от варианта опыления. При естественном самоопылении она составила в среднем 48,3% с варьированием по сортам от 8,8% (‘Рахиль’) до 68,8% (‘Навля’).

В соответствии с завязываемостью ягод в данном варианте опыления изучаемые сорта отнесены в 5 групп самоплодности, приведенных в таблице 2: I – высокосамоплодные (с завязываемостью ягод более 50%); II – с хорошей самоплодностью (31–50%); III – средне самоплодные (21–30%). К частично самоплодным отнесен сорт ‘Июньская Кондрашовой’ (IY). Низкая завязываемость ягод (8,8%) наблюдалась у сорта ‘Рахиль’ (Y).

Самой многочисленной в нашем исследовании (49,1%) была группа высокосамоплодных сортов (I) (рис. 2). Она образована 4-геномными производными смородины дикуши, европейского и сибирского подвидов *R. nigrum* L. и скандинавского экотипа смородины черной – сортами ‘Добрыня’, ‘Искушение’, ‘Софиевская’, ‘Навля’ (рис. 3a), ‘Валентина’ (рис. 3b), ‘Голубичка’, ‘Севчанка’, ‘Канахама’, ‘Олеша’ и ‘Гулливер’; 3-геномными сортами ‘Руслан’, ‘Козацкая’ и ‘Joninai’, полученными с участием смородины дикуши (*R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.), европейского (*R. nigrum* subsp. *europaeum* (Jancz.) Pojark.) и сибирского (*R. nigrum* subsp. *sibiricum* Wolf E.) подвидов смородины черной.

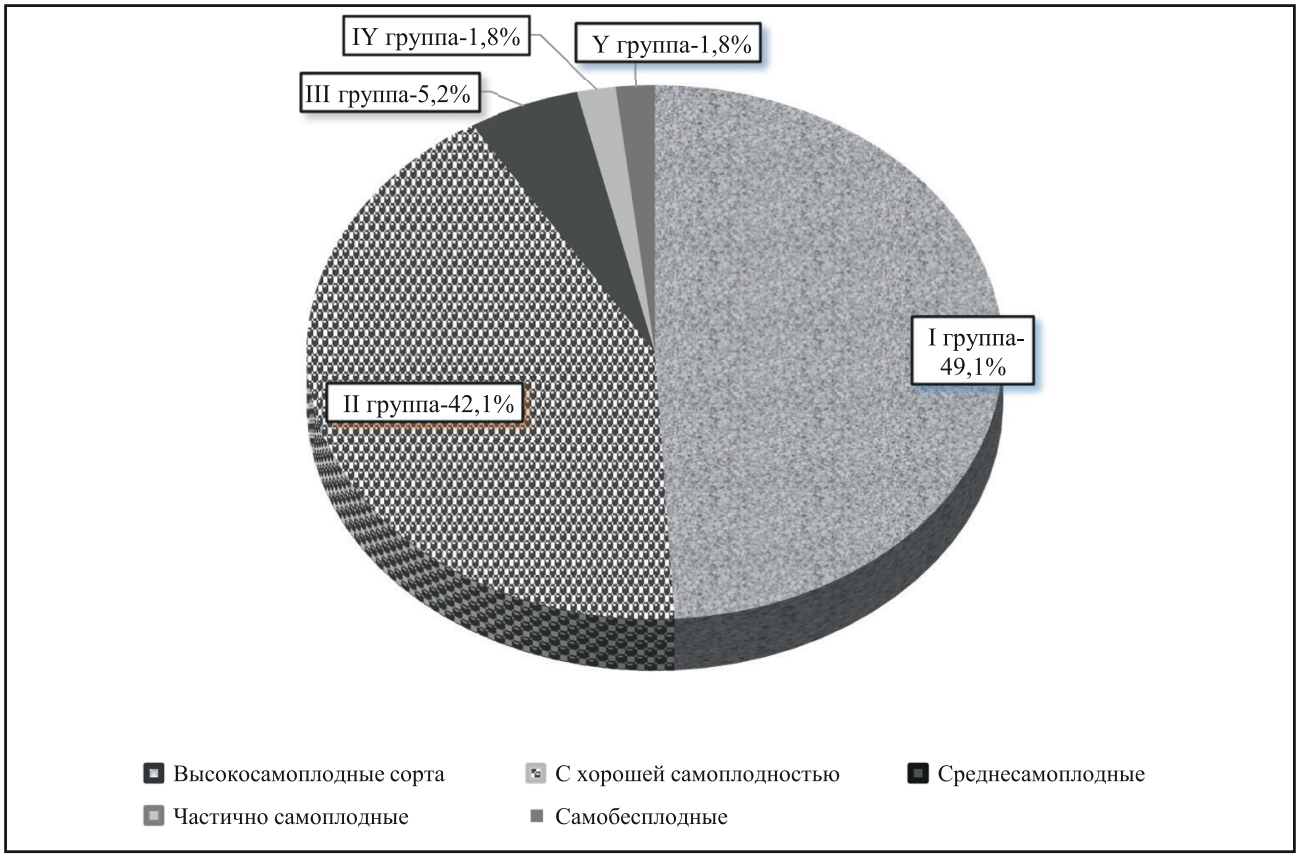


Рис. 2. Группы сортов черной смородины по степени самоплодности

Fig. 2. Groups of black currant cultivars according to their self-fertility degree

Таблица 2. Завязываемость, масса ягоды и показатель урожайности сортов черной смородины при разных способах опыления: 1, 2, 3 (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР, 2014–2017 гг.)

Table 2. Fruit setting, berry weight and yield of black currant cultivars under different pollination methods: 1, 2, 3 (Pavlovsk and Pushkin Laboratories, 2014–2017)

Группы самопл.	Название сорта	Завязываемость ягод, %			Ср. масса ягоды, г			Кол-во семян, шт.			Урожай 100 цветков, г		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I	Навля	68,8	72,1	70,3	0,81±0,06	0,96±0,17	1,23±0,07	15±2,6	18±2,0	25±2,5	55,7	69,2	86,5
	Добрыня	66,9	97,3	83,4	1,28±0,12	2,22±0,22	1,61±0,15	38±4,2	39±3,1	32±7,0	85,6	216,0	134,3
	Гулливер	66,8	76,2	79,0	0,61±0,05	1,21±0,59	1,17±0,02	12±1,5	13±1,5	18±2,1	40,7	92,2	92,4
	Голубичка	65,4	89,5	79,6	0,88±0,14	0,95±0,39	0,89±0,10	20±4,1	29±6,6	29±5,5	57,6	85,0	70,8
	Валентина	64,9	74,6	77,3	0,88±0,04	0,94±0,08	1,34±0,12	19±3,4	24±3,7	41±3,6	57,1	70,1	103,6
	Диамант	62,7	68,2	62,7	0,59±0,05	0,61±0,04	–	9±0,9	10±0,3	–	36,9	41,6	–
	Козацкая	62,6	79,6	72,1	0,97±0,24	1,39±0,12	1,36±0,12	18±6,0	29±3,8	33±4,0	60,7	110,6	98,1
	Арапка	61,1	63,1	66,4	0,91±0,04	1,08±0,16	1,27±0,12	27±3,1	31±7,8	43±1,2	55,6	68,1	84,3
	Канахама	60,8	87,4	78,5	0,92±0,06	1,15±0,23	1,20±0,14	27±5,2	31±1,2	30±7,0	55,9	100,5	94,2
	Консул	60,2	67,5	71,9	0,85±0,29	1,45±0,02	1,42±0,27	13±2,9	27±4,6	34±16,5	51,2	97,9	102,1
	Фат	60,1	88,4	77,6	0,58±0,01	0,57±0,07	0,49±0,03	25±5,3	29±3,5	31±6,1	34,9	50,4	38,0
	Varmas	59,9	92,7	70,9	0,69±0,13	0,95±0,11	1,19±0,18	14±4,4	23±2,7	24±7,9	41,3	88,1	84,4
	Талисман	59,5	80,6	59,9	1,02±0,09	1,35±0,09	1,53±0,20	32±5,0	39±3,5	45±3,3	60,7	108,8	91,6
	Голосиевский великан	56,9	91,0	71,6	0,83±0,12	0,97±0,23	0,69±0,08	23±3,1	25±4,8	28±4,3	47,2	88,3	49,4
	Ярынка	56,9	99,5	67,3	0,85±0,07	0,91±0,14	0,81±0,12	20±2,8	25±4,1	30±6,1	48,4	90,5	54,5
	Севчанка	55,8	71,9	59,5	0,99±0,13	0,74±0,08	1,28±0,12	27±8,5	23±7,2	32±8,1	55,2	53,2	76,2
	Софиевская	55,6	76,9	80,3	1,05±0,23	1,39±0,21	1,28±0,12	43±1,0	42±9,0	42±10,5	58,4	106,9	102,8
	Гранд Европа	55,6	49,2	44,1	0,94±0,16	1,15±0,36	1,18±0,04	22±3,5	17±4,0	32±7,5	52,3	56,6	52,0
	Вернисаж	54,6	100	82,1	0,84±0,03	0,88±0,09	0,94±0,14	20±0,9	21±1,0	25±5,0	45,9	88,0	77,2
	Руслан	54,6	59,7	59,6	1,12±0,23	1,07±0,26	1,28±0,10	28±7,5	32±6,5	33±4,5	61,2	63,9	76,3
	Десертная Огольцовой	54,5	86,3	70,5	0,83±0.08	0,88±0,12	1,49±0,38	15±8,0	20±7,5	38±5,5	45,2	75,9	105,3
	Albos	54,1	74,6	68,5	0,98±0,06	1,01±0,05	1,02±0,05	23±1,5	21±4,0	32±2,3	53,0	75,3	69,9
	Казкова	53,7	85,0	76,5	1,01±0,07	1,39±0,29	1,18±0,18	27±6,0	32±2,2	29±1,2	54,2	118,2	90,3
	Юбилейная Копаня	53,5	88,5	74,3	1,07±0,16	1,43±0,16	1,43±0,21	23±7,0	34±1,5	37±2,5	57,2	126,6	106,2
	Joninai	53,5	64,6	81,7	0,98±0,04	1,03±0,09	1,27±0,03	25±5,8	23±2,8	30±4,8	52,4	66,5	103,8
	Black Magic	52,4	74,8	70,2	1,01±0,07	1,26±0,07	1,68±0,30	31±4,7	35±0,4	62±2,0	52,9	94,2	117,9
	Олеша	51,6	98,6	70,3	1,10±0,03	1,03±0,06	0,93±0,11	24±2,5	22±2,5	22±1,4	56,8	101,6	65,4
	Искушение	50,7	64,7	54,6	1,02±0,30	1,12±0,16	1,15±0,08	25±2,5	28±1,9	43±2,5	51,7	72,5	62,8

Таблица 2. продолжение

Группы самопл.	Название сорта	Завязываемость ягод, %			Ср. масса ягоды, г			Кол-во семян, шт.			Урожай 100 цветков, г		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
II	Нара	49,2	80,8	72,2	1,09±0,18	0,99±0,13	1,32±0,08	23±1,2	24±2,5	26±9,6	53,6	79,9	95,3
	Забава	47,7	92,9	53,6	0,98±0,06	0,91±0,11	0,99±0,10	19±2,0	21±4,5	23±3,8	46,7	84,5	53,1
	Альта	47,6	78,2	65,4	0,99±0,08	0,72±0,13	1,16±0,11	19±2,6	22±2,5	20±1,7	47,1	56,3	75,9
	Elo	46,5	79,7	83,2	0,74±0,04	0,77±0,04	0,89±0,11	15±2,5	24±11	40±1,3	34,4	61,4	74,0
	Татран Слава	46,3	68,3	64,0	0,91±0,06	1,18±0,10	1,29±0,20	22±4,5	38±7,1	48±3,0	42,1	80,6	82,6
	Almo	45,9	64,1	63,6	0,59±0,19	0,64±0,04	0,97±0,10	15±2,0	16±1,5	34±5,5	27,1	41,0	61,7
	Марго	45,5	88,9	80,9	0,58±0,05	0,65±0,01	0,85±0,03	32±0,2	36±5,0	39±4,0	26,4	57,8	68,8
	Глариоза	45,5	82,1	83,4	0,69±0,06	0,86±0,03	0,77±0,07	19±1,3	17±1,8	27±7,5	31,4	70,6	64,2
	Intercontinental	45,5	63,9	70,7	0,68±0,13	0,67±0,08	0,95±0,12	14±3,2	26±5,5	36±4,1	30,9	42,8	67,2
	Гармония	44,9	69,1	65,5	1,05±0,06	1,32±0,48	1,29±0,28	27±2,7	34±1,5	29±3,2	47,1	91,2	84,5
	Karri	44,9	74,7	61,8	1,02±0,16	1,07±0,24	1,53±0,19	42±7,0	46±9,0	81±0,5	45,8	79,9	94,6
	Садко	44,6	70,8	49,4	1,21±0,38	1,33±0,29	1,21±0,19	36±3,7	37±4,6	33±6,6	53,9	94,2	59,8
	Поклон Борисовой	44,4	81,2	64,9	0,74±0,07	1,09±0,03	1,24±0,18	30±5,5	36±5,7	40±1,0	32,9	88,5	80,5
	2780-20-33	44,3	68,2	81,6	1,23±0,24	2,05±0,21	1,98±0,17	26±3,5	34±4,6	44±4,4	54,5	139,8	161,6
	Изюмная	43,5	56,4	61,4	0,52±0,06	0,70±0,13	0,74±0,02	11±3,6	11±3,7	20±4,0	22,6	39,5	45,4
	Шаровидная	42,8	71,0	76,4	0,78±0,04	0,79±0,14	1,08±0,11	11±1,7	11±0,5	18±0,7	33,4	56,1	82,5
	Андреевская	41,6	81,8	75,9	0,72±0,05	1,04±0,08	1,29±0,16	36±7,5	42±5,4	51±1,9	29,9	85,1	97,9
	Шалунья	40,8	77,0	56,8	0,97±0,15	1,09±0,15	1,16±0,03	35±6,7	32±3,5	34±2,3	39,6	83,9	65,9
	Мила	39,8	70,4	80,5	0,89±0,09	1,01±0,01	1,71±0,32	29±5,2	34±3,3	37±3,2	35,4	71,1	137,7
	Лучия	37,0	67,6	63,7	1,00±0,23	1,50±0,19	1,71±0,13	29±9,7	28±8,0	42±4,1	37,0	101,4	108,9
	Думушка	35,8	68,2	59,8	1,05±0,35	0,77±0,11	0,93±0,03	21±2,3	26±2,8	36±6,1	37,6	52,5	55,6
	Подарок Куминову	33,7	67,1	40,5	0,79±0,07	0,83±0,10	0,96±0,08	35±1,0	39±1,9	39±1,5	26,6	55,7	38,9
	Экстрим	32,9	94,3	66,3	1,04±0,17	1,19±0,04	0,92±0,12	22±3,0	21±3,5	23±2,1	34,2	112,2	60,9
	Василиса	30,7	69,9	66,1	0,86±0,20	1,02±0,30	1,24±0,07	28±3,2	40±2,7	37±2,4	26,4	71,3	81,9
III	Светлолистная	25,9	93,5	61,2	0,94±0,09	0,98±0,31	1,12±0,13	13±0,6	31±5,5	32±4.6	24,3	91,6	68,5
	Mulgi must	25,4	90,0	69,3	0,68±0,05	0,76±0,11	0,87±0,08	18±4,7	22±1,3	36±10,5	17,3	68,4	60,3
	Ats	24,1	69,9	76,1	0,74±0,34	0,78±0,10	0,96±0,06	12±6,0	18±2,6	21±2,0	17,8	54,5	73,1
IY	Июньская Кондрашовой	12,7	42,6	40,9	0,45±0,02	0,65±0,17	1,13±0,10	4±1,0	11±2,0	13±2,0	5,7	27,7	46,2
Y	Рахиль	8,8	50,4	74,8	0,69±0,05	0,64±0,05	0,9±0,14	6±1,5	7±1,5	10±1,5	6,1	32,3	67,3
Среднее		**48,3**	**76,4**	**68,6**	**0,88**	**1,04**	**1,17**	**23**	**27**	**33**	**44,4**	**79,8**	**80,4**
Min		**8,8**	**42,6**	**81,7**	**0,45**	**0,57**	**0,49**	**4**	**7**	**10**	**5,7**	**27,7**	**38,0**
Max		**68,8**	**100**	**40,5**	**1,39**	**2,44**	**1,98**	**42**	**46**	**81**	**85,6**	**216,0**	**161,6**
$НСР_{05}$		**32,5**	**38,2**	**29,9**	**0,57**	**0,8**	**0,6**	**18,8**	**18,8**	**18,4**	**38,8**	**78,9**	**55,9**

Варианты опыта: 1 – естественное самоопыление; 2 – искусственное самоопыление; 3 – свободное опыление
Experiment variants: 1 – natural self-pollination; 2 – artificial self-pollination; 3 – free pollination



a) b)

Рис. 3 Завязываемость ягод при естественном самоопылении у сортов черной смородины: a – 'Навля'; b – 'Валентина'

Fig. 3. Fruit setting under natural self-pollination in black currant cultivars: a – 'Navlya'; b – 'Valentina'

В эту группу отнесены и сорта: 'Юбилейная Копаня', в геноме которого присутствует генетический материал европейского, сибирского подвидов и скандинавского экотипа *R. nigrum*; 'Вернисаж', содержащий гены *R. ussuriense* Jancz. и сорт с обогащенной генетической наследственностью 'Арапка' (см. табл. 1).

Группа сортов с хорошей самоплодностью (II группа) довольно многочисленна (42,1% от общего числа изученных сортов). Она представлена в основном также 4-геномными сортами – 'Поклон Борисовой', 'Марго', 'Лучия', 'Almo', 'Гармония', 'Elo', 'Шаровидная', 'Забава', 'Нара', 'Изюмная', 'Экстрим', 'Мила'; 3-геномными потомками смородины дикуши и двух подвидов смородины черной – сортами 'Думушка', 'Шалунья', 'Садко', 'Альта', 'Подарок Куминову'.

Средняя степень самоплодности (III гр.) была характерна для 4-геномного сорта 'Светлолистная' и эстонских сортов 'Mulgi must' и 'Ats'.

Частичную самоплодность (12,7%) в условиях Ленинградской области показал сорт 'Июньская Кондрашовой'.

Очень низкая завязываемость ягод (8,8%) была характерна для сорта 'Рахиль'. В соответствии с градацией, приведенной в методических указаниях, этот сорт отнесен к самобесплодным.

Диапазон изменчивости уровня самоплодности в зависимости от сорта и условий года был значительным и составил 2,2–42,4%. В группе высокосамоплодных сортов стабильно высокая завязываемость ягод по годам (V = 2,2–9,7%) наблюдалась у сортов 'Софиевская', 'Козацкая', 'Канахама' и 'Навля'. Для сортов 'Арапка', 'Добрыня', 'Голосиевский великан', 'Олеша', 'Севчанка', 'Ярынка' и 'Joninai' был характерен средний уровень изменчивости признака (V = 11,6–18,1%). Высокая изменчивость показателя (V = 25,5–42,4%) наблюдалась у сортов 'Голубичка', 'Вернисаж', 'Руслан', 'Гулливер', 'Диамант', 'Консул', 'Руслан', 'Талисман', 'Фат', 'Казкова', 'Albos', 'Varmas'.

В группе сортов с хорошей самоплодностью слабая изменчивость признака (V < 10%) отмечена у 26,1% сортов ('Андреевская', 'Мила', 'Забава', 'Karri', 'Intercontinental', 'Elo'). Средние значения коэффициента вариации (V = 12,2–20,0%) наблюдались у 39,1% сортов ('Изюмная', 'Татран Слава', 'Шалунья', 'Василиса', 'Гармония', 'Лучия' и др.). Высокая вариабельность признака была характерна для 34,8% сортов ('Альта', 'Марго', 'Глариоза', 'Шаровидная', 'Думушка' и 'Подарок Куминову').

Следует отметить, что, несмотря на незначительное снижение завязываемости в неблагоприятные годы, высокосамоплодные сорта и сорта с хорошим уровнем самоплодности, все равно сохраняли высокую способность к самоопылению.

Группа среднесамоплодных сортов и частично самоплодный сорт 'Июньская Кондрашовой' характеризовались средней вариабельностью признака (V = 14,6– 20,0%).

У самобесплодного сорта 'Рахиль' наблюдалась слабая изменчивость уровня самоплодности по годам (V = 7,3%).

Завязываемость ягод при искусственном самоопылении составила в среднем 76,4% с варьированием по сортам от 42,6% ('Июньская Кондрашовой') до 100% ('Вернисаж').

Процент завязавшихся ягод при этом способе опыления был выше, чем при естественном самоопылении и свободном опылении – на 28,1% и 7,8% соответственно. Повышение завязываемости ягод по сравнению с двумя другими вариантами опыления можно объяснить тем, что успешность оплодотворения в данном случае, помимо прочих факторов, в большой мере определяется тщательностью нанесения пыльцы на рыльце пестика.

Изменчивость показателя завязываемости ягод (V) в данном варианте опыления также была различной. Стабильный уровень признака (V = 2,5–10,0%) был характерен для 34,6% изученных сортов. Среди них – сорта 'Марго', 'Олеша', 'Лучия', 'Голосиевский великан', 'Ярынка', 'Добрыня', 'Консул', 'Mulgi must', 'Десертная Огольцовой', 'Голубичка' и др. Средняя изменчивость уровня самофертильности (V = 12,5–20%) отмечена у 26,9% сортов. Значительная вариабельность завязывания плодов (V = 22,4–39,9%) наблюдалась у 38,5% сортов, оказавшихся, по-видимому, в наибольшей степени уязвимыми к понижению температур во время цветения растений в 2017 году – 'Июньская Кондрашовой', 'Василиса', 'Изюмная', 'Мила', 'Поклон Борисовой', 'Гармония', 'Intercontinental', 'Karri', 'Elo', 'Севчанка', 'Нара', 'Софиевская', 'Гулливер' и др.

Процент полезной завязи при свободном опылении (К) составил в среднем 68,6% и находился в пределах 40,9% ('Подарок Куминову') – 83,4% ('Добрыня', 'Глариоза'). Эта величина превышала в среднем на 20,3% завязываемость ягод при естественном самоопылении; практически у всех сортов, за исключением одного ('Гранд Европа'), завязываемость ягод при естественной автогамии была ниже по сравнению с вариантом свободного опыления (К).

Значительная изменчивость степени завязывания плодов (V = 27,1–47,9%) при свободном опылении отмечена лишь у единичного числа сортов – 'Марго', 'Июньская Кондрашовой', 'Гармония' и 'Varmas'. Подавляющее большинство сортов характеризовалось слабым и средним уровнем изменчивости признака.

При изучении самоплодности помимо процента полезной завязи учитывали среднюю массу ягоды и семенную продуктивность по каждому варианту опыления.

Определение средней массы ягоды при различных способах опыления показало, что эта величина колеблется в широких пределах (см. табл. 2). При естественном самоопылении она составила в среднем 0,88 г с размахом варьирования от 0,45 г ('Июньская Кондрашовой') до 1,28 г ('Добрыня').

Стабильные значения признака (V = 2,9–9,5%) отмечены у 26,8% сортов. Среди них – сорта 'Олеша', 'Гармония', 'Забава', 'Joninai', 'Арапка', 'Татран Слава', 'Валентина', 'Вернисаж', 'Фат', 'Июньская Кондрашовой'. Средними значениями коэффициента вариации (V = 10,9–16,5%) характеризовались 32,1% сортов – 'Гармония', 'Альта', 'Светлолистная', 'Канахама', 'Мила', 'Ярынка', 'Навля', 'Поклон Борисовой', 'Глариоза', 'Mulgi must', 'Black Magic', 'Диамант', 'Марго', 'Гулливер', 'Десертная Огольцовой'. Значительная вариабельность признака (V = 22,9–49,4%) наблюдалась у 41,1% сортов.

Масса ягоды при искусственном самоопылении составила в среднем 1,04 г с колебаниями в зависимости от сорта от 0,57 ('Фат') до 2,22 г ('Добрыня'). При этом способе опыления у большинства сортов наблюдалось увеличение показателя на 0,03–0,94 г по сравнению с вариантом естественного самоопыления. Наибольшее увеличение (0,60–0,94 г) отмечено у сортов 'Канахама', 'Гулливер и 'Добрыня' (рис. 4).

При искусственном самоопылении наблюдалась наибольшая вариабельность массы ягоды по годам – 48,2% сортов характеризовались значительной величиной коэффициента вариации (V = 21,1–63,6%); у 33,9% сортов отмечена средняя изменчивость величины плода (V = 11,1–20%). Стабильностью признака отличалось лишь небольшое число сортов – 'Albos', 'Almo', 'Глариоза', 'Консул', 'Марго', 'Мила', 'Олеша', 'Поклон Борисовой', 'Талисман', 'Экстрим' (V = 1,1–9,6%).

Величина ягоды при свободном опылении составила в среднем 1,17 г с колебаниями от 0,49 ('Фат') до 1,98 г (2780-20-33).

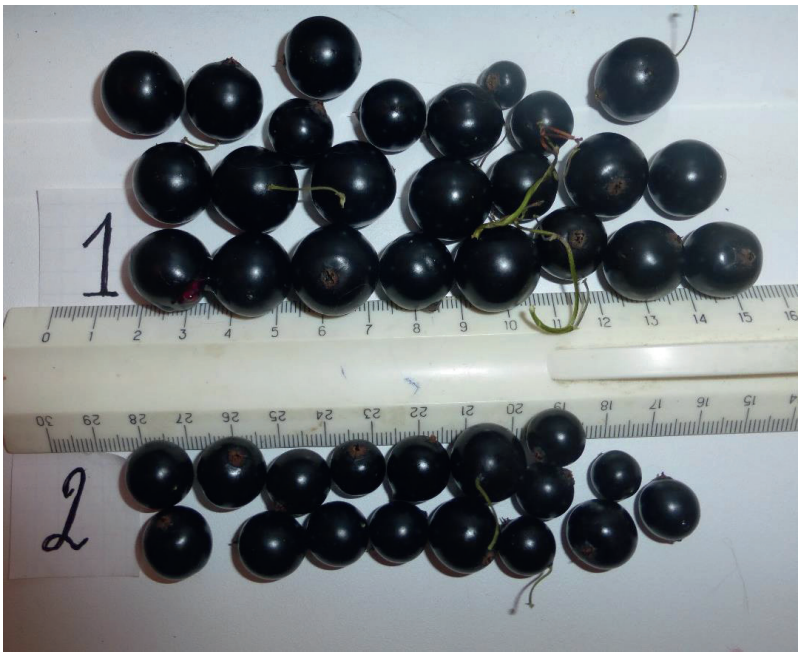


Рис. 4. Ягоды сорта черной смородины 'Добрыня', завязавшиеся от:
1 – искусственного самоопыления; 2 – естественного самоопыления

Fig. 4. Berries of cv. 'Dobrynya' set under:
1 – artificial self-pollination; 2 – natural self-pollination

Изменчивость величины плода при этом способе опыления характеризовалась в основном средними значениями коэффициента вариации – у 51% изученных сортов эта величина находилась в пределах 11,1–18,8%.

Анализ полученных данных показал наличие тенденции к уменьшению средней массы ягоды при естественной автогамии по сравнению с двумя другими вариантами опыления (рис. 5). Описанная закономерность наблюдалась в целом по всем сортам, за исключением отдельных – 'Забава', 'Нара', 'Альта', 'Севчанка', 'Думушка', 'Искушение', 'Intercontinental', 'Руслан' и 'Рахиль', у которых отмечено незначительное превышение показателя при естественном самоопылении по сравнению с вариантом искусственного самоопыления (см. табл. 2).

В 2017 году, в силу уже описанных выше сложных погодных условий, наблюдалось увеличение средней массы ягоды при искусственном самоопылении по сравнению с двумя другими вариантами опыления (см. рис. 5).

Семенная продуктивность при разных способах опыления показана на рисунке 6, из которого следует, что величина этого показателя в варианте естественного самоопыления ниже по сравнению с двумя другими вариантами опыления.

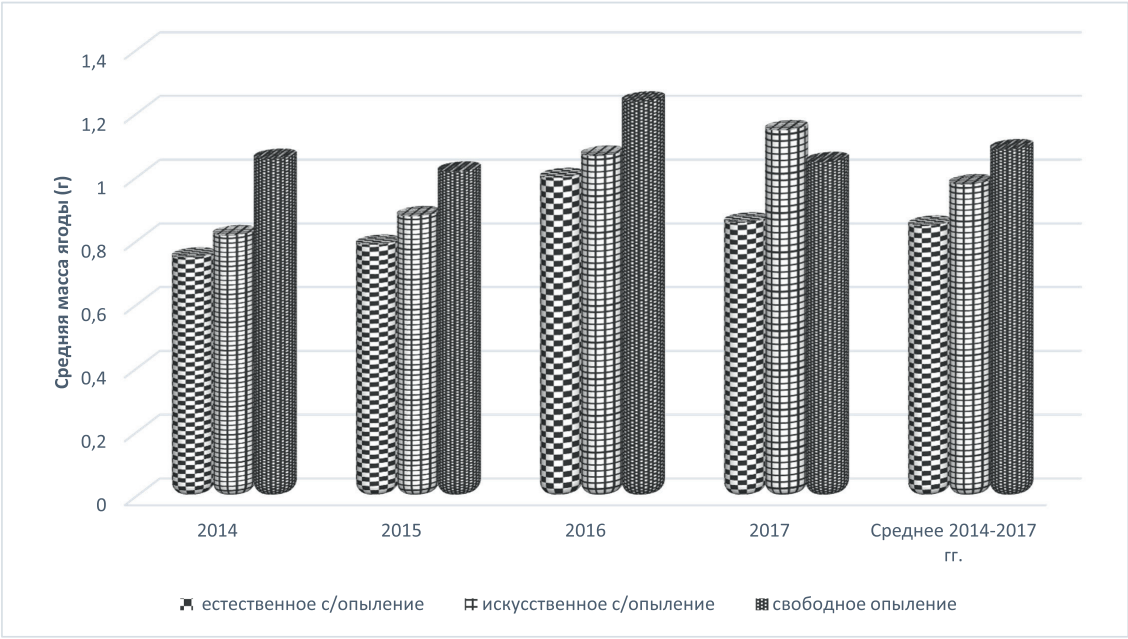


Рис. 5. Средняя масса ягоды при различных способах опыления
Fig. 5. Average berry weight under different pollination methods

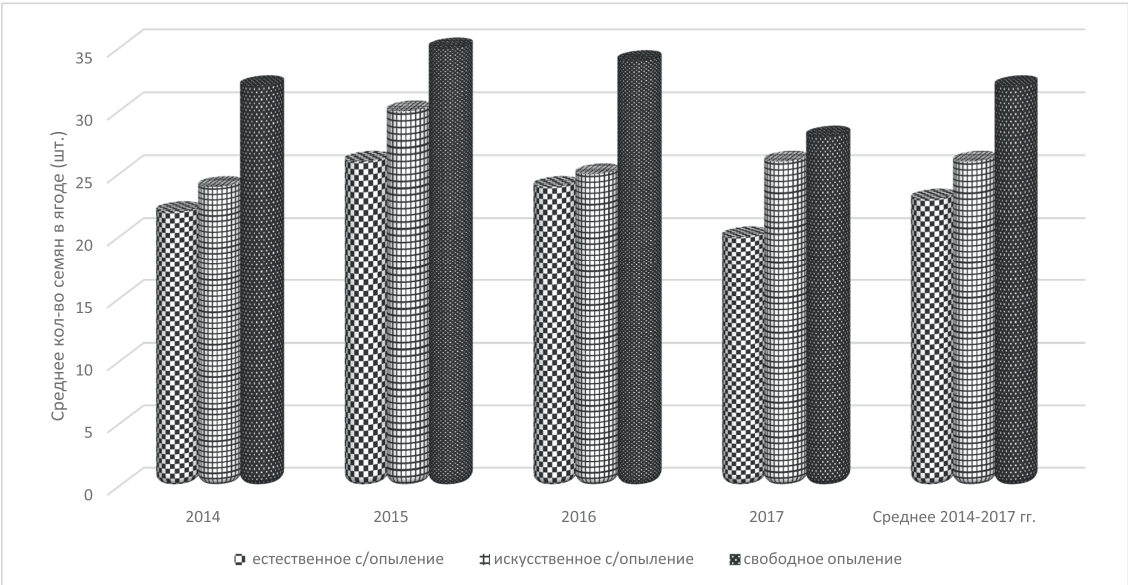


Рис. 6. Среднее количество семян в ягоде при различных способах опыления
Fig. 6. Average number of seeds per berry under different pollination methods

Так, среднее количество семян в ягоде при естественном самоопылении составило 23 штуки с варьированием от 4 ('Июньская Кондрашовой') до 43 ('Софиевская'). В варианте искусственного самоопыления – 27 штук с колебаниями в зависимости от сорта от 7 ('Рахиль') до 46 ('Karri'). При свободном опылении семенная продуктивность составила в среднем 33 штуки на 1 ягоду с размахом варьирования от 10 ('Рахиль') до 81 ('Karri').

Изменчивость семенной продуктивности сортов в зависимости от условий года и способа опыления характеризовалась в основном средними и значительными величинами коэффициента вариации. Низкая вариабельность семенной продуктивности в первом варианте опыления (V = 3,3–8,7%) была характерна лишь для единичного количества сортов – 'Вернисаж', 'Марго', 'Нара', 'Подарок Куминову', 'Светлолистная', 'Софиевская'. В варианте искусственного самоопыления низкая изменчивость признака (V = 0,14–8,3%) наблюдалась у сортов 'Almo', 'Вернисаж', 'Гармония', 'Подарок Куминову', 'Канахама', 'Юбилейная Копаня', 'Шаровидная'. При свободном опылении низкий коэффициент вариации (V = 0,88–8,8%) имели сорта 'Elo', 'Karri', 'Андреевская', 'Подарок Куминову', 'Поклон Борисовой', 'Арапка', 'Искушение', 'Татран Слава', 'Шаровидная'.

Для более правильной оценки результатов исследования нами был вычислен показатель эффективности оплодотворения или «урожай 100 цветков», позволяющий учитывать, как завязываемость, так и массу ягоды по каждому варианту опыления (см. табл. 2).

Анализ полученных данных показал, что величина «урожая 100 цветков» при естественном самоопылении составила в среднем 44,4 г с диапазоном изменчивости по сортам от 5,7 ('Июньская Кондрашовой') до 85,6 г ('Добрыня'). Наибольшая величина этого показателя (60,7–85,6 г) наблюдалась у сортов, сочетающих высокую самоплодность с крупными размерами ягод – 'Добрыня', 'Козацкая', 'Руслан', 'Талисман'. В то же время высокосамоплодные сорта 'Диамант', 'Фат' и сорта с хорошей степенью самоплодности – 'Голосиевский великан', 'Intercontinental', 'Elo', 'Марго', 'Изюмная' и 'Андреевская' из-за сравнительно мелкой величины ягод (0,58–0,83 г) характеризовались относительно невысокими показателями (см. табл. 2). Минимальные значения «урожая 100 цветков» были у средне и частично самоплодных сортов, средняя масса ягод которых составила 0,45–0,74 г – 'Mulgi must', 'Ats' и 'Июньская Кондрашовой'. Низкой величиной характеризовался и сорт 'Рахиль', самоплодность которого составила 8,8%, а средняя масса ягоды не превышала 0,69 г.

«Урожай 100 цветков» при искусственном самоопылении составил в среднем 79,8 г (см. табл. 2) с варьированием по сортам от 27,7 ('Июньская Кондрашовой') до 216,0 г ('Добрыня'). Наибольшая величина показателя (101,4–216,0 г) отмечена у сортов 'Добрыня', 'Козацкая', 'Канахама', 'Талисман', 'Софиевская', 'Казкова', 'Юбилейная Копаня', 'Олеша', 'Лучия', 'Экстрим' и '2780-20-33'. Как и в первом варианте опыления, сочетание высокой самоплодности с крупноплодностью обеспечивало высокий уровень показателя, и напротив, мелкие размеры плода даже при высоком и хорошем уровне самоплодности приводят к снижению данного параметра.

«Урожай 100 цветков» при свободном опылении варьировал в зависимости от сорта от 38,0 г ('Фат') до 161,6 г (2780-20-33) и составил в среднем 80,4 г, что на 36,0 г выше уровня показателя при естественном самоопылении и незначительно (на 0,6 г) выше варианта искусственного самоопыления.

Максимальная величина показателя эффективности оплодотворения (102,1–161,6 г) была характерна для сортов 'Добрыня', 'Валентина', 'Консул', 'Софиевская', 'Десертная Огольцовой', 'Юбилейная Копаня', 'Joninai', 'Black Magic', 'Мила', 'Лучия' и элитного сеянца 2780-20-33 (см. табл. 2).

Заключение

Результаты проведенного изучения свидетельствуют о том, что подавляющее большинство изученных современных сортов черной смородины высокосамоплодны. По генетическому происхождению они являются преимущественно 3- и 4-геномными потомками смородины дикуши (*Ribes dikuscha*).

Высокой и стабильной самоплодностью в условиях Северо-Запада России обладают сорта 'Навля' (к-42228), 'Добрыня' (к-42121), 'Голубичка' (к-32624), 'Голосиевский великан' (к-44176), 'Валентина' (к-15631А), 'Козацкая' (к-44187), 'Арапка' (к-44175), 'Канахама' (к-44197), 'Фат' (к-42509). Они могут служить ценным исходным материалом для использования в селекции.

В условиях Ленинградской области высокую гарантированную урожайность могут обеспечивать сорта, сочетающие высокий уровень самоплодности с крупноплодностью, – 'Валентина' (к-15631А) 'Вернисаж' (к-43126) 'Гармония' (к-40677), 'Добрыня' (к-42121), 'Десертная Огольцовой' (к-45670), 'Канахама' (к-44197), 'Мила' (к-40673), 'Севчанка' (к-45551), 'Софиевская' (к-43131), 'Талисман' (к-44183), 'Юбилейная Копаня' (к-44189), 'Karri' (к-44172), 'Шалунья' (к-41988), 'Joninai' (к-43124) и элитный сеянец 2780-20-33 (к-15575А).

Свободное опыление и искусственное самоопыление положительным образом влияют на величину завязываемости, массу плода и семенную продуктивность, и, напротив, при естественной автогамии прослеживается тенденция к уменьшению массы ягоды и количества семян в ней.

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

Arasu N.T. Self-incompatibility in *Ribes*. *Euphytica*, 1969;19:373-378. Buglova L.V. Pollen grain fertility, viability and optimal preservation period in the genus *Trollius* (Ranunculaceae) (Fertilnost, zhiznesposobnost i optinalnye sroki khraneniya pyltsy predstaviteley roda *Trollius* [Ranunculaceae]). *Botanicheskii zhurnal = Botanical Journal.* 2015;100(3):270-277. [in Russian] (Буглова Л.В. Фертильность, жизнеспособность и оптимальные сроки хранения пыльцы представителей рода *Trollius* (Ranunculaceae).

Ботанический журнал. 2015;100(3):270-277).

Dospekhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат; 1985).

Gruner L.A., Kuleshova O.V. Productivity components and autogamy of blackberries in Orel region (Komponenty produktivnosti i samoplodnost yezheviki v usloviyakh Orlovskoy oblasti). *Contemporary Horticulture.* 2017;4:38-43. Available from: http://journal.vniispk.ru/pdf/2017/4/30.pdf [in Russian] (Грюнер Л.А., Кулешова О.В. Компоненты продуктивности и самоплодность ежевики в условиях Орловской области. *Современное садоводство*. 2017;4:38-43). Доступно по: http://journal.vniispk.ru/pdf/2017/4/30.pdf) DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00030

Koloteva N.I. Apomixis and its use in black currant breeding (Apomiksis i yego ispolzovaniye v selektsii chernoy smorodiny). *Byull. nauchnoy informatsii TsGL im. I.V. Michurina = Bulletin for Scientific Information of the Michurin Central Genetic Laboratory.* 1990;48:46-48. [in Russian] (Колотева Н.И. Апомиксис и его использование в селекции черной смородины. *Бюлл. научной информации ЦГЛ им. И.В. Мичурина*. 1990;48:46-48).

Koloteva N.I. The phenomenon of apomixis in black currant and its importance in breeding (Yavleniye apomiksisa u chernoy smorodiny i yego znacheniye v selektsii). In: *Breeding and variety trials of black currant* (*Selektsiya i sortoizucheniye chernoy smorodiny*). Barnaul; 1981; p.79-85. [in Russian] (Колотева Н.И. Явление апомиксиса у черной смородины и его значение в селекции. В кн.: Селекция и сортоизучение черной смородины. Барнаул; 1981; с.79-85).

Korotkov N.I. Dependence of black currant productivity from meteorological background in an early stage of growing, and the use of this indicator to characterize a variety (Zavisimost produktivnosti chernoy smorodiny ot meteofona v ranniy period vegetatsii i ispolzovaniye etogo pokazatelya dlya kharacteristiki sorta). *Byull. nauchnoy informatsii TsGL im. I.V. Michurina = Bulletin for Scientific Information of the Michurin Central Genetic Laboratory.* Michurinsk; 1989:47:41-43. [in Russian] (Коротков Н.И. Зависимость продуктивности черной смородины от метеофона в ранний период вегетации и использование этого показателя для характеристики сорта. *Бюлл. научной информации ЦГЛ им. И.В. Мичурина*. Мичуринск, 1989:47:41-43).

Koteeva N.K., Mirgorodskaya O.V., Bulysheva M.M., Miroslavov E.A. Pollen development in *Ribes nigrum* (Grossulariaceae) under low temperatures (Formirovaniye pyltsy *Ribes nigrum* (Grossulariaceae) pri nizkikh temperaturakh). *Botanicheskii zhurnal = Botanical Journal*. 2015;100(10):1001-1014. [in Russian] (Котеева Р.Л., Миргородская О.И., Булышева М.М., Мирославов Е.А. Формирование пыльцы *Ribes nigrum* (Grossulariaceae) при низких температурах. *Ботанический журнал*. 2015;100(10):1001-1014).

Programme and methodology of variety studies for fruit, berry and nut crops (Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Michurinsk: Res. Inst. of Plant Breeding; 1980. [in Russian] (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Мичуринск: ВНИИС; 1980).

Programme and methodology of variety studies for fruit, berry and nut crops (Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Orel: Res. Inst. of Fruit Crop Breeding; 1999. [in Russian] (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК; 1999).

Ogoltsova T.P. Black currant breeding: past, present and future (Selektsiya chernoy smorodiny – proshloye, nastoyashcheye, budushcheye). Tula; 1992. [in Russian] (Огольцова, Т.П. Селекция черной смородины – прошлое, настоящее, будущее. Тула; 1992).

Panova N.I. Self-fertility of some varieties and forms of pears (Samoplodnost nekotorykh sortov i form grushi). Author's synopsis of the PhD (Agric. Sci.). thesis. Moscow; 2000. [in Russian] (Панова Н.И. Самоплодность некоторых сортов и форм груши. Авторе. диск. канд. с.-х. наук. М.; 2000).

Rainchikova G.P. Biology of flowering and pollination of black currant varieties of different origin in the conditions of Belarus (Biologiya tsveteniya i opyleniya sortov chernoy smorodiny razlichnogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Belorussii). Author's synopsis of the PhD (Biol. Sci.). thesis. Minsk; 1971. [in Russian] (Раинчикова Г.П. Биология цветения и опыления сортов черной смородины различного происхождения в условиях Белоруссии. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Минск; 1971).

Smirnov A.G. Studying pollination of black currant (Izucheniye opylyayemosti chernoy smorodiny). In: *Cultivation of black currant in the USSR* (*Kultura chernoy smorodiny v SSSR*). Moscow; 1972; p.456-465. [in Russian] (Смирнов А.Г. Изучение опыляемости черной смородины. В кн.: *Культура черной смородины в СССР*. М.; 1972; с.456-465).

Tikhonova O.A. Self-fertility of black currant cultivars (Samoplodnost sortov chernoy smorodiny). *Contemporary Horticulture.* 2015;1:39-53. Available from: http://journal.vniispk.ru/pdf/2015/1/7.pdf [in Russian] (Тихонова О.А. Самоплодность сортов черной смородины. *Современное садоводство*. 2015;1:39-53). Доступно по: http://journal.vniispk.ru/pdf/2015/1/7.pdf

Vavilov A.S. Self-fertility and self-sterility of varieties and species of black currant (Samofertilnost i samosterilnost sortov i vidov chernoy smorodiny). In: *Breeding of black currant* (*Selektsiya chernoy smorodiny*). Novosibirsk; 1980; p.111-115. [in Russian] (Вавилов А.С. Самофертильность и самостерильность сортов и видов черной смородины. В кн.: *Селекция черной смородины*. Новосибирск; 1980; с.111-115).

Volodina E.V. Biology of flowering in black currant (Biologiya tsveteniya chernoy smorodiny). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*, 1972;46(2):157-167. [in Russian] (Володина Е.В. Биология цветения черной смородины. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1972;46(2):157-167).

Voluznev A.G. Zazulina N.A. Heterostyly in cultivars and hybrids of black currant (Geterostiliya u sortov i gibridov chernoy smorodiny). *Plodovodstvo = Fruit Growing.* 1983;5:30-33. [in Russian] (Волузнев А.Г., Зазулина Н.А. Гетеростилия у сортов и гибридов черной смородины. *Плодоводство*. 1983;5:30-33).

Zhdanov V.V. Self-fertility of black currant varieties and its inheritance in a hybrid progeny (Samoplodnost sortov chernoy smorodiny i nasledovaniye yeyo v gibridnom potomstve). Author's synopsis of the PhD (Agric. Sci.). thesis. Michurinsk; 1970. [in Russian] (Жданов В.В. Самоплодность сортов черной смородины и наследование ее в гибридном потомстве. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. Мичуринск; 1970).

Zhdanov V.V. Biological features of flowering, pollination and fertilization in varieties and seedlings of black currant in connection with the degree of their self-fertility (Biologisheskiye osobennosti tsveteniya, opyleniya i oplodotvoreniya sortov i seyantsev chernoy smorodiny v svyazi so stepenyu ikh samoplodnosti). In: *Breeding, variety trials and agricultural practices for fruit and berry crops* (*Selektsiya, sortoizucheniye, agrotekhnika plodovykh i yagodnykh kultur*); Vol. V; Orel; 1971; p.114-121. [in Russian] (Жданов В.В. Биологические особенности цветения, опыления и оплодотворения сортов и сеянцев черной смородины в связи со степенью их самоплодности. В сб.: *Селекция, сортоизучение, агротехника плодовых и ягодных культур*; Т. V; Орел; 1971; с.114-121).

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
Тихонова О.А. Оценка самоплодности сортов черной смородины в условиях Северо-Запада России. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):60-72.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-60-72

Tikhonova O.A. Evaluation of self-fertility in black currant cultivars in the Northwest of Russia. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):60-72. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-60-72

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-60-72

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

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫЕ ПРОДУКТИВНЫЕ ЛИНИИ ЯЧМЕНЯ КУЛЬТУРНОГО

DOI 10.30901/2227-8834-2019-2-73-76
УДК 633.16.575
Поступление/Received: 25.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Б. А. БАТАШЕВА[1], В. И. ИБИШЕВА[1], Р. А. АБДУЛЛАЕВ[2], О. Н. КОВАЛЕВА[2], И. А. ЗВЕЙНЕК[2], Е. Е. РАДЧЕНКО[2]

[1] Дагестанская опытная станция ВИР, филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), 368612 Россия, Республика Дагестан, г. Дербент, с. Вавилово;
kostek-kum@rambler.ru
[2] Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;

SEMI–DWARF PRODUCTIVE BARLEY LINES

V. A. BATASHEVA[1], V. I. IBISHEVA[1], R. A. ABDULLAEV[2], O. N. KOVALEVA[2], I. A. ZVEINEK[2], E. E. RADCHENKO[2]

[1] Dagestan Experiment Station, branch of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Vavilovo, Derbentsky District, Dagestan 368612, Russia;
kostek-kum@rambler.ru
[2] N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia

Актуальность. В условиях орошаемого земледелия и интенсивного типа ведения сельского хозяйства устойчивость к полеганию является фактором, существенно влияющим на урожайность ячменя. Устойчивость ячменя к полеганию зависит от множества признаков, среди которых определяющее значение имеет длина стебля растения. **Материалы и методы.** В Южно-плоскостной зоне Дагестана в 1993–2008 гг. изучили внутривидовое разнообразие ячменя культурного (*Hordeum vulgare* L.) разного эколого-географического происхождения, систематической принадлежности и типа развития (2021 образец). Изучали также гибриды F_1, F_2 и F_3 от скрещивания высокорослого сорта ‘Сонет’ с короткостебельными формами. Оценили продуктивность и устойчивость к шведской мухе (*Oscinella frit* L.) выделенных рекомбинантных линий. **Результаты и выводы.** Выявлена широкая изменчивость (55–155 см) ячменя культурного по высоте растений. В условиях южного Дагестана на поливе оптимальна высота 100–115 см, обеспечивающая высокую устойчивость растений к полеганию. Выделен ряд низкорослых сортов, среди них особый интерес по комплексу признаков представляют ‘Camincent’ (к-30374, Эстония), ‘Pyramid’ (к-30564, Франция), ‘Рамос’ (к-30315, Московская обл.) и ‘Jo 1632’ (к-30459, Финляндия). Короткостебельность у этих сортов контролируется рецессивными генами. Отобрали продуктивные линии, значительно превосходящие родительские формы по массе зерна с единицы площади и устойчивости к шведской мухе: Л 15/4 (F_6 Сонет × Camincent) и Л 16/12 (F_6 Сонет × Pyramid), которые могут быть использованы в селекции устойчивых к полеганию крупнозерных сортов ячменя, предназначенных для выращивания на поливных землях.

Ключевые слова: ячмень, короткостебельность, крупнозерность, продуктивные линии.

Background. Resistance to lodging is a factor that significantly affects the yield of barley under the conditions of irrigated agriculture and intensive type of farming. Barley resistance to lodging depends on many features, among which the length of the plant stem is more important. **Materials and methods.** In the southern planar area of Dagestan, from 1993 till 2008, a research was conducted on the intraspecific diversity of cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.) belonging to different ecogeographic groups, and growth types (2,021 accessions). The F_1, F_2 and F_3 hybrids from crosses of the long-stemmed cultivar ‘Sonet’ with semi-dwarf forms were also studied. The selected recombinant lines were evaluated for their productivity and resistance to frit fly (*Oscinella frit* L.). **Results and conclusions.** Wide variability (55–155 cm) of cultivated barley in plant height was observed. Under irrigation in the southern Dagestan, the optimum height of plants, providing high resistance to lodging, was 100–115 cm. A number of semi-dwarf cultivars were identified; among them, ‘Camincent’ (k-30374, Estonia), ‘Pyramid’ (k-30564, France), ‘Ramos’ (k-30315, Moscow Province) and ‘Jo 1632’ (k-30459, Finland) were the most interesting for their set of traits. The short stem of these cultivars is controlled by recessive alleles of genes. We selected productive lines that significantly exceeded their parental forms in grain weight per area unit and resistance to frit fly: L 15/4 (F_6 Sonet × Camincent) and L 16/12 (F_6 Sonet × Pyramid). These lines can be used to breed lodging-resistant large-grain barley cultivars for cultivation on irrigated lands.

Key words: barley, semi-dwarfness, high weight of 1000 kernels, productive line.

Введение

В условиях интенсивного ведения сельского хозяйства устойчивость к полеганию является фактором, существенно влияющим на урожайность ячменя. Устойчивость ячменя к полеганию зависит от множества признаков, среди которых определяющее значение имеет длина стебля растения, на котором происходит рост и развитие всех наземных органов. Низкорослые формы, как правило, устойчивы к полеганию, а высокорослые полегают, что в свою очередь приводит к значительным потерям урожая зерна. Особое значение низкорослые сорта имеют для возделывания в условиях орошения.

У ячменя известно множество влияющих на высоту растений генов, которые делят на 5 групп: *brachytic*, *breviaristatum, erectoides*, *zeocriton* и *uzu*, однако в селекции используют ограниченное число генов, контролирующих короткостебельность. Наиболее популярны *short culm 1* (*hcm1*), относящийся к группе *brachytic*, *semi-dwarf 1* (*sdw1* = *denso*) из группы *erectoides*, *semi-brachytic 1* (*uzu1*) и *breviaristatum-e* (*ari-e*). Так, сорта 'Diamant' и 'Triumph' (носители одного из аллелей гена sdw1/denso), отобранные из мутантов, полученных после обработки сорта 'Valticky' X-лучами, в XX веке послужили донорами при создании свыше 150 европейских сортов. В настоящее время большинство сортов ячменя во всем мире имеют ген *sdw1*. Ген *hcm1* распространен среди шестирядных ячменей из США, а *uzu1* широко используется в селекционных программах стран Восточной Азии (Franckowiak, Lundqvist, 2012; Kuczyńska et al., 2013; Nadolska-Orczyk et al., 2017).

Цель наших исследований – изучение внутривидового разнообразия ячменя по высоте растений в Южно-плоскостной зоне Дагестана, изучение характера наследования короткостебельности и создание новых низкорослых продуктивных форм для выращивания в условиях орошения.

Материалы и методы

В условиях Южного Дагестана (Дагестанская опытная станция – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР, ДОС ВИР, г. Дербент) в 1993–2008 гг. изучили 2021 образец ячменя культурного (*Hordeum vulgare* L.) из коллекции ВИР разного эколого-географического происхождения, систематической принадлежности и типа развития. Изучали гибриды F_1, F_2 и F_3 от скрещивания высокорослого сорта 'Сонет' (к-30448, Свердловская обл.) с выделенными нами короткостебельными формами, которые также скрещивали между собой.

Использовали общепринятую в зоне исследований агротехнику. Предшественниками являлись сидеральный пар, люцерна либо овощные культуры. Образцы высевали в третьей декаде октября. Посев проводили вручную, каждый образец высевали на делянке площадью 1 м^2, междурядья – 15 см, длина рядка – 1 м, расстояние между делянками – 30 см. В качестве стандартов использовали районированные в республике сорта озимого ячменя – 'Дагестанский 239' (к-15240, Дагестан), 'Циклон' (к-26049, Краснодарский край), 'Завет 3' (к-21905, Краснодарский край), 'Виктория' (к-26894, Румыния) и ярового ячменя – 'Темп' (к-22055, Краснодарский край). Уборку и обмолот растений производили вручную.

При изучении коллекции руководствовались «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (Loskutov et al., 2012). Среднюю высоту растений ячменя на делянке определяли в фазу молочной спелости. Растения измеряли от поверхности почвы до вершины колоса без остей в центре делянки и принимали среднее значение из трех промеров. Оценку устойчивости к полеганию осуществляли в течение вегетационного периода неоднократно: в периоды колошения и уборки урожая, а также после ливневых дождей или других экстремальных условий. Степень устойчивости образцов против полегания определяли глазомерно по шкале от 1 (очень низкая) до 9. Учет урожая зерна осуществляли путем обмолота и последующего взвешивания. Массу 1000 зерен определяли по двум навескам из 250 зерен. Колосовой анализ включал измерение длины колоса, подсчет числа колосков, зерен и взвешивание массы зерна с колоса.

Ключевой вредитель ячменя в Дагестане – шведская муха (*Oscinella frit* L.) – повреждает стебли и колосья, причем в данном регионе преобладает второй тип повреждения. На естественном фоне заселения растений насекомым анализировали по 10 случайно отобранных колосьев данного образца. В качестве критерия устойчивости использовали величину черезерницы, которую определяли, как отношение числа поврежденных мухой колосков к общему числу колосков в колосе, выраженное в процентах (Batasheva et al., 2013).

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с помощью общепринятых методик (Dospekhov, 1985). Для обсчета данных использовали возможности программы Microsoft Excel 1998.

Результаты и обсуждение

По результатам многолетних исследований установлено, что внутривидовое разнообразие ячменя культурного характеризуется широкой изменчивостью (55–155 см) по высоте растений (рисунок). В условиях южного Дагестана наиболее оптимальна высота 100–115 см, обеспечивающая высокую устойчивость растений к полеганию.

В результате агробиологического изучения мировой коллекции нами выделен ряд низкорослых сортов; среди них особый интерес по комплексу признаков представляют 'Camincent' (к-30374, Эстония), 'Pyramid' (к-30564, Франция), 'Рамос' (к-30315, Московская обл.) и 'Jo 1632' (к-30459, Финляндия).

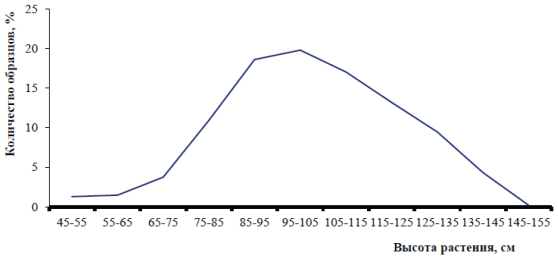


Рисунок. Распределение растений по высоте в условиях Южного Дагестана

Figure. Distribution of plants according to their height in the Southern Dagestan environments

Таблица 1. **Характеристика родительских форм и гибридов F_1 ячменя по высоте растения**

Table 1. **Characteristics of parental forms and F_1 barley hybrids according to their plant height**

Родительские формы, гибриды	Изучено растений, шт.	Высота растения, см $x \pm s_x$	Коэффициент вариации V, %	Степень доминирования hp
Сонет	22	129,0 ± 1,3	4,8	–
Jo 1632	22	99,0 ± 0,8	3,9	–
Camincent	22	96,5 ± 0,8	3,7	–
Pyramid	22	95,3 ± 1,0	4.9	–
Рамос	22	100,5 ± 1,1	5,0	–
Сонет × Camincent	20	119,6 ± 3,2	5.3	0,8
Сонет × Pyramid	38	120,0 ± 0,8	4,0	0,5
Сонет × Рамос	26	126,0 ± 1,4	5,7	0,8
Jo 1632 × Camincent	20	112,6 ± 1,6	6,3	10,0
Jo 1632 × Pyramid	29	113,4 ± 1,1	5,2	8,2
Jo 1632 × Рамос	24	117,0 ± 1,3	5,3	23,0

У гибридов первого поколения от скрещивания низкорослых форм с высокорослым сортом ‘Сонет’ обнаружена разная степень доминирования высокорослости (табл. 1), т. е. короткостебельность у этих сортов контролируется рецессивными аллелями генов.

Во втором поколении гибридов наблюдали низко- и высокорослые растения, а также промежуточные формы, не выходящие за пределы распределения исходных родительских сортов (табл. 2). В зависимости от комбинации скрещивания частота выщепления низкорослых рецессивных форм варьировала в пределах 22–30%. Данные частоты выщепления соответствуют частоте рецессивных гомозигот (25%) в случае моногенного контроля признака.

Таблица 2. **Распределение родительских форм и F_2 гибридов по высоте растения**

Table 2. **Distribution of parental forms and F_2 hybrids according to their plant height**

Родительские формы, гибриды	Изучено растений, шт.	Распределение растений по высоте, шт																
		60–65	66–70	71–75	76–80	81–85	86–90	91–95	96–100	101–105	106–110	111–115	116–120	121–125	126–130	131–135	136–140	141–145
Сонет	27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	4	13	5	3	1
Camincent	24	–	1	1	6	6	7	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pyramid	18	–	2	7	7	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рамос	13	1	1	1	3	4	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Jo 1632	18	–	–	1	5	4	3	4	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сонет × Camincent	291	–	4	9	10	12	23	21	18	17	36	37	36	23	30	11	3	1
Сонет × Pyramid	277	–	5	12	13	14	18	14	19	31	39	45	32	20	12	2	1	-
Сонет × Рамос	198	1	3	2	2	6	8	10	12	18	25	26	23	15	12	15	11	9
Camincent × Jo 1632	104	2	3	9	7	10	13	12	9	13	8	11	6	1	–	–	–	–
Jo 1632 × Camincent	192	7	18	13	17	14	17	25	40	17	18	4	2	–	–	–	–	–
Jo 1632 × Pyramid	108	3	4	7	6	12	16	15	20	12	7	5	1	–	–	–	–	–
Рамос × Jo 1632	106	5	4	7	10	7	11	14	12	15	8	9	1	2	1	–	–	–

В третьем поколении потомство всех низкорослых растений было представлено константными низкорослыми семьями, соответствующими по высоте исходным низкорослым сортам, что подтверждает предположение о моногенном различии высокорослого сорта ‘Сонет’ и короткостебельных сортов.

Гибриды F_1 от скрещивания ‘Jo 1632’ с другими низкорослыми сортами на 10–15 см превосходили по высоте растения исходные низкорослые сорта (см. табл. 1). Во втором поколении наблюдали расщепление с появлением положительных и отрицательных трансгрессий, выходящих за пределы варьирования низкорослых сортов (см. табл. 2), что свидетельствует о неаллельном взаимодействии генов, контролирующих низкорослость. Таким образом, мы полагаем, что короткостебельность образца ‘Jo 1632’ контролируется геном (генами), отличающимся от генов, обусловливающих низкорослость сортов ‘Camincent’, ‘Pyramid’ и ‘Рамос’.

В целях выделения низкорослых рекомбинантных продуктивных форм потомство низкорослых семей, вы-

деленных из гибридных популяций от скрещивания сорта 'Сонет' с низкорослыми сортами, довели до пятого-шестого поколения. Наиболее продуктивные линии, значительно превосходящие родительские формы по массе зерна с единицы площади и устойчивости к шведской мухе, выделены из гибридных комбинаций высокорослого сорта Сонет × Camincent и Сонет × Pyramid (табл. 3). Ключевыми факторами, обеспечивающими высокую продуктивность линий, являются устойчивость к полеганию, прочный низкорослый стебель, высокая масса 1000 зерен (50–57 г при 42 г у сорта 'Сонет') и низкая черезззерница (7–11% при 20–45% у родительских форм).

Известно, что самым широко распространенным отрицательным плейотропным эффектом генов, контролирующих низкорослость зерновых культур, является снижение массы 1000 зерен, т. е. крупности зерна. Например, у ячменя эта негативная ассоциация многократно показана для гена sdw1 (Kuczyńska et al., 2013). В нашем случае удалось отобрать линии, сочетающие короткостебельность с высокой крупностью зерна.

Таблица 3. Линии ячменя, выделившиеся по продуктивности
Table 3. Barley lines identified for their productivity

Сорт, гибрид	Колосков в колосе, шт.	Повреждено *Oscinella frit* колосков, шт.	Черезззерница %	Зерен с колоса, шт.	Вес зерна, г		
					с колоса	1000 зерен	с 1 м²
♀ Сонет	71,7±1,02	31,7±1,85	44,5±2,71	37,4±2,11	1,58±0,09	41,8	642,5
♂ Camincent	28,1±0,31	5,90±0,50	21,0±1,76	21,8±0,54	1,11±0,03	51,2	470,0
Л 15/4	**27,2±0,51**	**2,00±0,36**	**7,29±1,29**	**24,8±0,53**	**1,41±0,03**	**56,6**	**765,0**
♀ Сонет	71,7±1,02	31,7±1,85	44,5±2,71	37,4±2,11	1,58±0,09	41,8	642,5
♂ Pyramid	26,1±0,59	6,60±0,69	25,1±2,46	18,9±0,78	0,85±0,04	46,0	495,0
Л 16/12	**29,5±0,43**	**3,30±0,48**	**11,1±1,63**	**26,4±0,57**	**1,26±0,04**	**50,4**	**837,5**

Заключение

Наши исследования показали, что на поливных землях в условиях южного Дагестана оптимальна высота растений ячменя 100–115 см, которая обеспечивает высокую устойчивость к полеганию. Выделен ряд низкорослых сортов, среди которых особый интерес по комплексу признаков представляют 'Camincent' (к-30374, Эстония), 'Pyramid' (к-30564, Франция), 'Рамос' (к-30315, Московская обл.) и 'Jo 1632' (к-30459, Финляндия). Короткостебельность у этих сортов контролируется рецессивными генами. Получили рекомбинантные линии Л 15/4 (F_6 Сонет × Camincent) и Л 16/12 (F_6 Сонет × Pyramid), которые наиболее интересны для селекции, т. к. наряду с короткостебельностью характеризуются повышенной крупностью зерна.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР № 0662-2019-0001.

References/Литература

Batasheva B.A., Radchenko E.E., Kovaleva O.N., Zveinek I.A., Abdullaev R.A. Injuriousness of frit fly (*Oscinella frit* L.) in the southern planar zone of Dagestan (Vredonosnost shvedskoy mukhi (*Oscinella frit* L.) v yuzhno-ploskostnoy zone Dagestana). *Problemy razvitiya APK regiona = Problems of Regional Agroindustrial Complex Development*. 2013;4:10-13. [in Russian] (Баташева Б.А., Радченко Е.Е., Ковалева О.Н., Звейнек И.А., Абдуллаев Р.А. Вредоносность шведской мухи (*Oscinella frit* L.) в южно-плоскостной зоне Дагестана. *Проблемы развития АПК региона*. 2013;4:10-13).

Dospekhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат; 1985).

Franckowiak J.D., Lundqvist U. Descriptions of barley genetic stocks for 2012. *Barley Genetics Newsletter*. 2012;42:36-792.

Kuczyńska A., Surma M., Adamski T., Mikołajczak K., Krystkowiak K., Ogrodowicz P. Effects of the semi-dwarfing *sdw1/denso* gene in barley. *J. Appl. Genet.* 2013;54(4): 381-390. DOI: 10.1007/s13353-013-0165-x

Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Methodological guidelines for studying and maintaining the global collection of barley and oat (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kollektsii yachmanya 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. СПб.: ВИР; 2012).

Nadolska-Orczyk A., Rajchel I.K., Orczyk W., Gasparis S. Major genes determining yield-related traits in wheat and barley. *Theor. Appl. Genet*. 2017;130(6):1081-1098. DOI: 10.1007/s00122-017-2880-x

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

Баташева Б.А., Ибишева В.И., Абдуллаев Р.А., Ковалева О.Н., Звейнек И.А., Радченко Е.Е. Короткостебельные продуктивные линии ячменя культурного. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):73-76. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-73-76

Batasheva B.A., Ibisheva V.I., Abdullaev R.A., Kovaleva O.N., Zveinek I.A., Radchenko E.E. Semi–dwarf productive barley lines. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):73-76. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-73-76

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-73-76

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

РАЗНООБРАЗИЕ КОЛЛЕКЦИИ ТЫКВЫ И ЕЕ НАСЛЕДСТВЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-77-82
УДК 635.621:631.527:631.524.01
Поступление/Received: 27.03.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

А. Г. ЕЛАЦКОВА

Кубанская опытная станция ВИР, филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 352183 Россия, Краснодарский край, п. Ботаника, ул. Центральная, 2;
kos-vir@yandex.ru

DIVERSITY OF THE PUMPKIN COLLECTION AND ITS HEREDITARY POTENTIAL. RESULTS AND PROSPECTS OF BREEDING PRACTICE

A. G. ELATSKOVA

Kuban Experiment Station of VIR, branch of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 2 Tsentralnaya Street, Botanika, Krasnodar Territory 352183, Russia;
kos-vir@yandex.ru

Актуальность. Тыква – важная пищевая, лекарственная и кормовая культура. Она широко используется в национальной кухне многих стран, а также в качестве сырья для консервной промышленности и в фармацевтической для производства лекарств. На Кубанской опытной станции ВИР – филиале Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР) – помимо поддержания и размножения для закладки на длительное хранение в генбанк, ведется значительная работа по изучению разнообразия коллекции тыквы и раскрытию потенциала ее наследственной изменчивости. Цель исследования – выделить в разнообразии мировой коллекции источники селекционно ценных признаков у разных видов тыквы для создания перспективных сортов и гибридов. **Материал и методика.** При изучении коллекции тыквы и в работах по селекции использовали методические указания, разработанные сотрудниками ВИР. Сделаны: ботаническая характеристика, анализ изменчивости и наследования признаков, гибридизация, инбридинг, мутагенез, разные виды отбора (индивидуальный, групповой, индивидуально-семейственный, массовый). На первых этапах изучения коллекции с использованием инцухта отбирали лучшие растения для формирования признаковой коллекции с последующим включением образцов в гибридизацию. Для получения самоопыленных линий, достаточно выравненных по отбираемому признаку, самоопыление проводили в течение нескольких лет. В гибридных потомствах от скрещивания родительских форм изучали наследование основных признаков и их генетический контроль. В процессе изучения оценивали образцы на скороспелость, продуктивность, качество. Оценку на устойчивость к болезням проводили в полевых условиях при естественном заражении болезнями. **Результаты и заключение.** В результате целенаправленной селекции созданы сорта тыквы твердокорой (*Cucurbita pepo* L.), тыквы крупноплодной (*Cucurbita maxima* Duch.), тыквы мускатной (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.) различных сроков созревания, районированные в разных регионах России: ‘Кустовая оранжевая’, ‘Лечебная’, ‘Кустовая золотая’, ‘Малышка’, ‘Матрешка’, ‘Красавица’, ‘Зимняя сладкая’, ‘Жемчужина’, ‘Янтарная’, ‘Мария’. Созданные сорта пользуются спросом в производстве и в личных подсобных хозяйствах. Выделены новые источники с ценными морфобиологическими и хозяйственными признаками для использования в современных направлениях селекции: КЛ 625, ЖЗМ 692, L-180, L-193, КПЛ 168, КЛ 568, КЛ 570. Новые кустовые линии тыквы крупноплодной и тыквы мускатной, отобранные в сортовых и гибридных популяциях, испытываются в контрольно-элитном питомнике с целью передачи лучших из них в Государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: тыква, сорт, образец, линия, селекция, гибрид, признак, скрещивание, урожайность, качество.

Background. Pumpkin is an important food, feed and medicinal crop. It is widely used by national cuisines in many countries and utilized as raw material for canning industry and in pharmacy to prepare drugs. The Kuban Experiment Station of VIR, where the collection of pumpkin genetic resources is maintained and regenerated for long-term storage in the genebank, conducts comprehensive research work to analyze the genetic diversity of pumpkin accessions and disclose the potential of its hereditary variation. **Objective.** The aim of this study was to screen various species from the global pumpkin collection and identify sources of traits valuable for breeders in order to develop promising cultivars and hybrids. **Materials and methods.** The pumpkin collection was studied and the breeding work was performed using the guidelines worked out by VIR’s scientists. The work included botanical description, study of variability and inheritance of traits, hybridization, inbreeding, mutagenesis, and different selection techniques (individual, group, individual/family, and mass selection). In the first stages of the study, inbreeding was employed to select best plants from the collection in order to set up a trait-specific collection and incorporate its accessions into the hybridization process. Self-pollination was used for several years to obtain self-pollinated lines, sufficiently uniform in the selected trait. The hybrid progenies from crosses between parental forms were analyzed to throw light on the inheritance of major traits and their genetic control. The accessions were assessed for their earliness, productivity and quality. Evaluation of disease resistance was carried out in the field under natural infection pressure. **Results and discussion.** Targeted breeding efforts resulted in releasing cultivars of *Cucurbita pepo* L., *C. maxima* Duch. and *C. moschata* Duch. ex. Poir. having different maturation schedules and approved for cultivation in various regions of Russia: ‘Kustovaya oranzhevaya’, ‘Lechebnaya’, ‘Kustovaya zolotaya’, ‘Malyshka’, ‘Matreshka’, ‘Krasavitsa’, Zimnyaya sladkaya’, ‘Zhemchuzhina’, ‘Yantarnaya’ and ‘Mariya’. These cultivars are in demand among both agricultural producers and individual growers. New sources of valuable morpho-biological and agronomic characters have been identified as useful for modern plant breeding trends: KL 625, ZhZM 692, L-180, L-193, KPL 168, KL 568 and KL 570. New bushy lines of *C. maxima* and *C. moschata* selected from cultivar and hybrid populations are now tested in an elite test nursery in order to submit the best of them to the State Variety Trials.

Key words: pumpkin, cultivar, accession, line, breeding, hybrid, trait, cross, yield, quality.

Введение

Тыква – важная пищевая, лекарственная и кормовая культура. Она широко используется в национальной кухне многих стран, а также в качестве сырья для консервной промышленности и в фармацевтической для производства лекарств.

Сорта, возделываемые в нашей стране, относятся к трем ботаническим видам: тыква твердокорая (*Cucurbita pepo* L.), тыква крупноплодная (*Cucurbita maxima* Duch.), тыква мускатная (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.). Среди них наибольшее распространение на территории России имеют сорта, относящиеся к двум первым видам. В отличие от тыквы мускатной они менее требовательны к теплу и занимают обширный ареал возделывания (от Северо-Западного и Центрального до Уральского, Сибирского и Дальневосточного регионов). Тыкву мускатную в основном выращивают в южных регионах: Краснодарский и Ставропольский края, Астраханская, Ростовская, Волгоградская области, республики Северного Кавказа.

В селекции тыквы большое значение имеет мировая коллекция ВИР, которая разнообразна по своему происхождению, географическому распространению, ботаническому составу, характеру использования. В настоящее время она насчитывает 2855 образцов, собранных в различных странах земного шара. Большинство образцов представлено местными сортами-популяциями и селекционными сортами и в гораздо меньшем количестве – гибридами, самоопыленными линиями и донорами.

На Кубанской опытной станции ВИР – филиале Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР) – помимо поддержания и размножения для закладки на длительное хранение в генбанк, ведется значительная работа по изучению разнообразия коллекции тыквы и раскрытию потенциала ее наследственной изменчивости по агрономическим и хозяйственно важным признакам. В основу изучения коллекции и селекции тыквы были взяты принципы, изложенные в классических работах Н. И. Вавилова «Ботанико-географические основы селекции (Учение об исходном материале и селекция)», (Vavilov, 1960a, Vol. 2, p. 21–70) и «Селекция как наука». В работе «Селекция как наука» он дал емкое определение, что «Селекция представляет собой эволюцию, направляемую волей человека», другими словами, «Селекция как наука есть учение о выведении сортов в соответствии с потребностями человека». (Vavilov, 1960a, Vol. 2, p. 13–14).

Значительные исследования, отражающие вопросы теоретических и практических основ селекции тыквы изложены в классической работе К. И. Пангало «Селекция бахчевых культур» (Pangalo, 1937). Важное значение имеет работа А. И. Филова (Fursa, Filov, Korovina, 1982), опубликованная в томе трудов из серии «Культурная флора СССР» по итогам многолетнего изучения разных видов рода *Cucurbita* L. В этих работах дано подробное описание разных видов тыквы, их наследственный потенциал, изучение которых, по выражению Н. И. Вавилова, «...позволяет находить недостающие звенья у растений...» (Vavilov, 1960b, p. 52) и выделить ценный исходный материал для селекции.

Исходя из вышеизложенного, следует учитывать требования к исходному материалу для селекции современных сортов. В настоящее время наиболее востребованы в селекции источники кустовости и короткоплетистости, многоплодности, скороспелости, высокой продуктивности и качества, устойчивости к болезням и вредителям, адаптивности к стрессовым условиям среды. Необходимы также источники, определяющие транспортабельность и лежкость, семенную продуктивность и масличность.

Цель исследования – выделить в разнообразии мировой коллекции источники селекционно ценных признаков у разных видов тыквы для создания перспективных сортов и гибридов.

Материал и методы

Материалом для исследований служила коллекция разных видов тыквы, представленная местными образцами, районированными и перспективными сортами, а также гибридами и линиями разных поколений, полученных в период проведения работы. Ежегодный объем коллекционного и селекционного материала включал 50–70 образцов.

При изучении коллекции тыквы и в работах по селекции использовали методические указания для изучения и поддержания коллекции бахчевых культур (Studying..., 1988; Breeding..., 1988), на основе которых нами сделаны: ботаническая характеристика, анализ изменчивости и наследования признаков, гибридизация, инбридинг, мутагенез, разные виды отбора (индивидуальный, групповой, индивидуально-семейственный, массовый). На первых этапах изучения коллекции с использованием инцухта отбирали лучшие растения для формирования признаковой коллекции с последующим включением образцов в гибридизацию. Для получения самоопыленных линий, достаточно выравненных по отбираемому признаку; самоопыление проводили в течение нескольких лет.

В гибридных потомствах от скрещивания родительских форм изучали наследование основных признаков и их генетический контроль. В процессе изучения оценивали образцы на скороспелость, продуктивность, качество. Оценку на устойчивость к болезням проводили в полевых условиях при естественном заражении болезнями.

Результаты и обсуждение

Одно из важных направлений в селекции тыквы – выведение скороспелых сортов. Скороспелые сорта позволяют производить раннюю продукцию и удлиняют период потребления плодов, расширяют ареал возделывания в более северных регионах. С использованием коллекции выведен ряд скороспелых сортов тыквы, принадлежащих к видам твердокорой и крупноплодной, ареал возделывания которых заметно расширился (Tekhanovich, 2004; Elatskova, 2012; Elatskova, Elatskov, 2017). Среди них – сорт твердокорой тыквы ‘Кустовая оранжевая’ полученный индивидуальным отбором кустовых форм из популяции коллекционного образца (вр. к.- 411). Раннеспелый. Вегетационный период – 85–90 дней. Обладая компактно-кустовыми растениями, сорт пригоден для механизированного возделывания. Урожайный. Достаточно пластичный в разных условиях выращивания. Популярен у любителей для выращивания на садово-огородных участках. Районирован в Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском и Западно-Сибирском регионах. Используется в работе для получения кустового сорта голосемянной (масличной) тыквы.

Широко возделываются кустовые сорта тыквы круп-

ноплодной: ‘Кустовая золотая’, ‘Малышка’, ‘Матрешка’; короткоплетистый сорт ‘Лечебная’. Они выведены путем скрещивания источников, выявленных среди образцов коллекции по типу куста, скороспелости, продуктивности, качества, с местными сортами, имеющими высокие урожайные, вкусовые и технологические качества, устойчивыми к стрессовым условиям среды. Выведенные сорта отличаются высокой скороспелостью (80–90 дней), урожайностью (28,0–36,5 т/га), высоким качеством плодов (содержание сухих веществ 9–12%).

Сорт тыквы крупноплодной ‘Лечебная’ характерен высокой пластичностью. Обладает хорошей лежкостью и транспортабельностью. Районирован в семи регионах России: Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Нижневолжском, Уральском, Западно-Сибирском, Восточно-Сибирском. Характерная особенность тыквы ‘Лечебная’ – широкий наследственный потенциал. В популяциях сорта периодически выявляются ценные раннеспелые и ультрараннеспелые кустовые формы с красивыми ярко-розовыми порционными плодами. Выделенные формы с использованием инцухта идентифицированы (выравнены) и включены для испытания в контрольно-элитном питомнике.

Созданы плетистые сорта тыквы крупноплодной ‘Красавица’ и ‘Зимняя сладкая’. Первый выведен многократным индивидуальным отбором растений с ярко-красными плодами из коллекционного образца (вр. к.-315), второй получен скрещиванием сортов Мраморная (к-3995) × Gold Nugget (к-3860). Сорт столового назначения, обладает высоким содержанием сухих веществ (13–15%), сахаров (10–11%) и каротина (7–10 мг/100 г). Характеризуется высокой транспортабельностью и лежкостью плодов (до 8–10 месяцев).

В последние годы особое внимание уделяется тыкве мускатной, особенно образцам, сочетающим высокую продуктивность с повышенным содержанием каротина: ‘Перехватка крупная’, ‘Арабатская’ (к-4191), ‘Витаминная’ (к-2741), ‘Мускатная’ (к-3594).

Сорт тыквы мускатной ‘Жемчужина’ получен гибридизацией сортов Перехватка × Арабатская. Основные достоинства – высокая урожайность (41–56 т/га), высокое содержание каротина (28–35 мг/100 г). Краснодарской краевой комиссией по сортоиспытанию признан эталоном по содержанию каротина. Образует плоды удлиненно-цилиндрической формы длиной 45–65 см; масса плода – 7,0–8,0 кг. Цвет мякоти густо-оранжевый с красным оттенком. Семенное гнездо очень малое, расположено в вершинной (цветочной) части плода. Это придает сорту второе достоинство – высокий выход полезной мякоти. Сорт универсального назначения (столовое, кормовое, для консервирования). Используется в качестве донора для создания высококаротинных сортов.

Для южных регионов выведен сорт тыквы ‘Янтарная’ (рис. 1). Включен в Госреестр РФ с 2012 года. Получен из селекционной линии L-680. Среднепоздний. Вегетационный период – 120–125 дней. Плоды массой 8,9–11,2 кг, округлые, слабосегментированные, оранжево-коричневой окраски. Мякоть густо-оранжевая с красноватым оттенком, средней плотности, хрустящая, сочная. Содержание сухого вещества – 8,0–9,5%, общего сахара – 5,0–6,0%, каротина – 21,0–24,0 мг/100 г. Урожайность – 49,0–58,0 т/га. Устойчив к мучнистой росе, вирусным и бактериальным болезням. Сорт универсального использования.

Выделена среди растений сорта ‘Витаминная’ оригинальная высококаротинная форма, образующая красивые утолщенно-цилиндрические плоды. Мякоть толстая (4,5–5,0 см) красновато-оранжевая, плотная, хрустящая, сочная, с высоким содержанием каротина, содержанием сухих веществ 7,4–8,4%, вкус – 4 балла.



Рис. 1. Сорт тыквы ‘Янтарная’ селекции Кубанской опытной станции ВИР (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 1. Pumpkin cultivar ‘Yantarnaya’ bred at the Kuban Experiment Station of VIR (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

До недавнего времени не было скороспелых короткоплетистых и кустовых сортов тыквы мускатной. Селекция на скороспелость у этого вида началась лишь в последние годы.

В результате изучения коллекции тыквы мускатной выделены перспективные образцы, представляющие интерес как источники для различных направлений селекции. В качестве источников используются как отечественные: ‘Витаминная’ (к-2741), ‘Арабатская’ (к-4191), ‘Мускатная’ (к-3594), так и зарубежные, имеющие хорошие адаптивные и качественные показатели: ‘Patriot’ (к-4100), ‘Ponca’ (к-4101), ‘Early Butternut’ (к-017), ‘Waltham Butternut’ (к-4613), ‘Mastudo shiro’ (к-4175), ‘Nishiki kanro’ (к-4177), ‘Айдзу Аккикудза’ (к-3952), Hayato (гибридная форма), образец к-3549, образец к-4235, Kurokawa № 2 (к-3512). На основе вышеперечисленных образцов созданы самоопыленные линии с разнообразным проявлением морфобиологических и хозяйственно полезных признаков, определяющих тип куста, листа, характер цветения, особенности плода, продуктивные, качественные и адаптивные показатели.

Интересен порционный сорт тыквы мускатной ‘Мария’ (рис. 2). Выделен путем многократного индивидуального отбора короткоплетистых растений из популяции коллекционного образца Kurokawa № 2 (к-3512). Относится к группе раннеспелых (98–110 дней). Формирует некрупные, сегментированные, сплюснутой формы плоды массой 2,0–3,5 кг. Обладает хорошей плодовитостью (3–4 плода на растение) и высоким качеством плодов, содержание сухого вещества – 11–18%, общего сахара – 10–12%, каротина – 15–18,5 мг/100 г. Сорт адаптивен к засухе. Обладает устойчивостью к мучнистой росе и бактериозу. Районирован в 2015 году.

Выделены новые источники ценных признаков тыквы мускатной в популяциях коллекционных образцов. У образца Ореховый отобрана скороспелая линия L-180 с вегетационным периодом 90 дней. Продуктивность – 5,0–6,0 кг/растение. Имеет высокое содержание сухих веществ (12–15%) и хороший вкус (4,5 балла). Средняя



Рис. 2. Сорт тыквы ‘Мария’ селекции Кубанской опытной станции ВИР (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 2. Pumpkin cultivar ‘Mariya’ bred at the Kuban Experiment Station of VIR (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

масса плода – 1,2–2,3 кг. Плоды удлиненно-грушевидные, темно-кремовой окраски, с оранжевой хрустящей мякотью приятного вкуса.

У этого же образца выделены растения женского типа, образующие преимущественно женские цветки (L-193). Формируют цилиндрические светло-кремовые плоды типа укороченной перехватки массой 1,5–2,0 кг. Мякоть оранжевая, толстая, плотная, сладкая, хорошего вкуса. Содержание сухого вещества – 12–14%, каротина – 6–10 мг/100 г. Вегетационный период – 95–100 дней. Отличается многоплодностью.

Заслуживает внимания выделенная в популяции коллекционного образца ‘Early Butternut’ скороспелая (95–100 дней), высокопродуктивная, короткоплетистая форма. Скороспелость обусловлена образованием женских цветков в первых узлах главного стебля. Обладает многоплодностью. Плоды типа укороченной перехватки массой 1,5–1,7 кг сочетают хороший вкус (4,0 балла) и повышенное содержание каротина. Продуктивность растений составляет 9–10 кг, содержание сухих веществ –10–11%.

При самоопылении этой короткоплетистой формы тыквы мускатной выделены кустовые (0,8–1,0 м) растения, образующие шаровидно-сплюснутые плоды средней массой 1,0–1,5 кг с хорошим вкусом. Выделившиеся кустовые растения достаточно однородны по характеру куста.

Интересна форма короткоплетистой тыквы мускатной КПЛ 168, выделенная в гибридной популяции от свободного опыления с кустовой линией КЛ 745. Растения образуют шаровидные и округло-овальные плоды массой 5,0–6,7 кг. Отличается хорошим вкусом, высоким содержанием сухих веществ (9,8–10,5%) и каротина. По морфологическим признакам короткоплетистая форма достаточно однородная.

С целью отбора перспективных по комплексу признаков кустовых форм тыквы мускатной проведено изучение гибридов разных поколений от скрещивания кустовой линии КЛ 745 с различными плетистыми сортами отечественной и иностранной селекции: Ореховый × КЛ 745, Арабатская × КЛ 745, образец к-4235 × КЛ 745, Early Butternut × КЛ 745. Попутно изучали наследование признака кустовости. Гибриды F_1 от скрещивания кустовой линии с длинноплетистыми сортами в начальный период вегетации проявляют промежуточный характер наследования (полудоминантный). Во второй период вегетации растения образуют длинную плеть. В F_2 происходит расщепление на длинноплетистые, короткоплетистые и кустовые в приблизительном соотношении их фенотипических классов, как 1 : 2 : 1. Наши наблюдения за развитием растений в F_1 показали следующее: в начальной стадии растения кустовые (до 1 м), затем через 30–35 дней становятся короткоплетистыми (1,2–1,5 м) и далее, в период завязывания плодов – длинноплетистыми (1,5–2,0 м и более).

Denna и Munger (1963) полагают, что кустовость по отношению к плетистости в молодой (ювенильной) стадии доминантна и контролируется геном *Bu* (*Bush*), но в более зрелом состоянии растений проявляется рецессивный характер наследования. Такое наследование они объяснили, как смену доминирования.

В 2017 году у гибрида F_3 Ореховый × КЛ 745 нами выделены компактно-кустовые (не превышает 1,0 м) формы тыквы мускатной с порционными плодами КЛ 568 (рис. 3, а, б) и КЛ 570, которые в настоящее время проходят станционное испытание. Растения формируют 1–2 плода



Рис. 3. Кустовая линия тыквы КЛ 568 селекции Кубанской опытной станции ВИР: а – внешний вид; б – плоды (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 3. Bushy pumpkin line KL 568 bred at the Kuban Experiment Station of VIR: a – habitus; b – fruits (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)



Рис. 4. Кустовая линия тыквы ЖЗМ 692 селекции Кубанской опытной станции ВИР: а – внешний вид; б – плоды (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 4. Bushy pumpkin line ZhZM 692 bred at the Kuban Experiment Station of VIR: a – habitus; b – fruits (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

округло-сплюснутой формы массой 1,2–2,0 кг с высоким содержанием сухого вещества и каротина.

В испытании 2018 года выделенные кустовые формы КЛ 568 и КЛ 570 отмечены, соответственно, как раннеспелые (84 и 96 дней), продуктивные (2,7 и 3,4 кг/раст.), с хорошими показателями качества (содержание сухого вещества – 9,5 и 11%, вкус – 4,0 и 4,5 балла).

Расширен потенциал генетического разнообразия тыквы крупноплодной новыми источниками, выделенными в сортовых и гибридных популяциях. В популяции сорта 'Лечебная' отобрана раннеспелая (88 дней) предельно кустовая форма (0,5 м) с ярко-красными плодами хорошего и отличного качества.

Представляют интерес кустовая форма тыквы крупноплодной КЛ 625 и короткоплетистая Цыганка, выделенные в гибридных популяциях от скрещивания с сортом 'Зимняя сладкая'. У них содержание сухого вещества составило 14,9 и 15,4%, вкус плодов оценивался в 4,6 и 4,8 балла, содержание каротина – 4,0 и 4,0 балла соответственно. Они формируют порционные плоды массой 2,5–2,9 кг. Обладают хорошей лежкостью и транспортабельностью. При этом КЛ 625 отличается высокой скороспелостью (85–90 дней).

В селекционном питомнике тыквы крупноплодной у гибридов F_7 Кустовая 11 × Улыбка и гибридов F_8 Улыбка × Зимняя сладкая выделены раннеспелые (80–90 дней) кустовые формы, продуктивность которых составила 3,1 и 5,6 кг/растение, содержание сухого вещества – 11,5 и 13,2% соответственно. Вкус оценивался в 4,0 и 4,2 балла.

Интересна мутантная форма тыквы с желто-зелеными листьями – линия ЖЗМ 692 (рис. 4, а, б). Выделена из популяции сорта 'Зимняя сладкая'. Относится к короткоплетистому типу (1,3–1,5 м). Формирует округло-сплюснутые плоды массой 3,5–4,7 кг. Содержание сухого вещества – от 9,0 до 12,7%, вкус – 4,0–4,5 балла.

Разнообразие коллекции тыквы и раскрытие ее генетического потенциала позволило создать сорта для возделывания в различных регионах и выделить новые источники для перспективных направлений селекции.

Заключение

1. В результате целенаправленной селекции созданы сорта тыквы твердокорой (*Cucurbita pepo*), тыквы крупноплодной (*Cucurbita maxima*) и тыквы мускатной (*Cucurbita moschata*) различных сроков созревания, районированные в разных регионах России: 'Кустовая оранжевая', 'Лечебная', 'Кустовая золотая', 'Малышка', 'Матрешка', 'Красавица', 'Зимняя сладкая', 'Жемчужина', 'Янтарная', 'Мария'. Созданные сорта пользуются спросом в производстве и в личных подсобных хозяйствах.

2. Выделены новые источники с ценными морфобиологическими и хозяйственными признаками для использования в современных направлениях селекции: КЛ 625, ЖЗМ 692, L-180, L-193, КПЛ 168, КЛ 568, КЛ 570.

3. Новые кустовые линии тыквы крупноплодной и тыквы мускатной, отобранные в сортовых и гибридных популяциях, испытываются в контрольно-элитном питомнике с целью передачи лучших из них в Государственное сортоиспытание.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно 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

Breeding of cucurbitaceous crops (Methodological guidelines) (Selektsiya bakhchevykh kultur [Metodicheskiye ukazaniya]). Leningrad; 1988. [in Russian] (Селекция бахчевых культур (Методические указания). Л.: 1988).

Denna D.W., Munger H.M. Morphology of the bush and vine habits and the allelism of the bush genes in *Cucurbita maxima* and *C. pepo* squash. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1963;82:370-377.

Elatskova A.G. Botanico-geographical study of the pumpkin collection and identification of sources of traits valuable for breeding (Botaniko-geograficheskoye izucheniye kollektsii tykvy i vyyavleniye istochnikov selektsionno tsennykh priznakov). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2012;170:240-249. [in Russian] (Елацкова А.Г. Ботанико-географическое изучение коллекции тыквы и выявление источников селекционно ценных

признаков. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2012;170:240-249).

Elatskova A.G., Elatskov Yu.A. Initial material for breeding early maturity varieties of musk pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) (Iskhodny material dlya selektsii rannespelykh sortov tykvy muskatnoy [*Cucurbita moschata* Duch.]). In: Abstracts of papers for the Intern. Conf. *N.I. Vavilov's Ideas in the Modern World*. St. Petersburg: VIR; 2017. p.248. [in Russian] (Елацкова А.Г., Елацков Ю.А. Исходный материал для селекции раннеспелых сортов тыквы мускатной (*Cucurbita moschata* Duch.). В сб.: Тезисы к межд. конф. "*Идеи Н.И. Вавилова в современном мире*". СПб.: 2017. С.248).

Fursa T.B., Filov A.I. Cucurbits (watermelon, pumpkin) (Tykvennye [arbuz, tykva]). In: Korovina O.N. (ed.). *Cultivated Flora of the USSR* (*Kulturnaya flora SSSR*); Vol. XXI; Moscow: Kolos; 1982. p.145-261. [in Russian] (Фурса Т.Б., Филов А.И. Тыквенные [арбуз, тыква] / под ред. Коровиной О.Н. В сер.: *Культурная флора СССР*; Т. XXI; М.: Колос; 1982. С.145-261).

Pangalo K.I. Breeding of cucurbitaceous crops (Selektsiya bakhchevykh kultur). In: *Theoretical Principles of Plant Breeding* (*Teoreticheskiye osnovy selektsii*); Vol. 3; Moscow ; Leningrad; 1937. p.135-194. [in Russian] (Пангало К.И. Селекция бахчевых культур. В кн.: *Теоретические основы селекции растений*; Т. 3; М.; Л.; 1937. С.135-194).

Studying and maintenance of the cucurbitaceous crop collection: Methodological guidelines (Izucheniye i podderzhaniye kollektsii bakhchevykh kultur. Leningrad: VIR; 1988. [in Russian] (Изучение и поддержание коллекции бахчевых культур. Методические указания. Л.: ВИР; 1988).

Tekhanovich G.A. The use of the genetic diversity of cucurbits in breeding (Ispolzovaniye genofonda bakhchevykh kultur v selektsii). St. Petersburg; 2004. [in Russian] (Теханович Г.А. Использование генофонда бахчевых культур в селекции. СПб.; 2004).

Vavilov N.I. Botanical and geographical principles of breeding (The doctrine of source material and breeding) (Botaniko-geograficheskiye osnovy selektsii [Ucheniye ob iskhodnom materiale i selektsiya]). In: *Academician N.I. Vavilov. Selected Works* (*Akademik N.I. Vavilov. Izbrannye trudy*); Vol. 2. 1960a. p.21-70. [in Russian] (Вавилов Н.И. Ботанико-географические основы селекции (Учение об исходном материале и селекция). В кн.: *Академик Н.И. Вавилов. Избранные труды.* Т. 2. 1960a. С.21-70).

Vavilov N.I. Breeding as a science (Selektsiya kak nauka). In: *Academician N.I. Vavilov. Selected Works* (*Akademik N.I. Vavilov. Izbrannye trudy*); Vol. 2. 1960b. p.9-20. [in Russian] (Вавилов Н.И. Селекция как наука. В кн.: *Академик Н.И. Вавилов. Избранные труды.* Т. 2. 1960b. С.9-20).

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
Елацкова А.Г. Разнообразие коллекции тыквы и ее наследственный потенциал. Результаты и перспективы селекции. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):77-82. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-77-82

Elatskova A.G. Diversity of the pumpkin collection and its hereditary potential. Results and prospects of breeding practice. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):77-82. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-77-82

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-77-82

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

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

НОВЫЙ СРЕДНЕСПЕЛЫЙ СОРТ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ОМСКИЙ 101

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88
УДК 633.16.321.631.526.32:631.529
Поступление/Received: 24.01.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

П. Н. НИКОЛАЕВ[1], О. А. ЮСОВА[1], Н. И. АНИСЬКОВ[2], И. В. САФОНОВА[2], Я. В. РЯПОЛОВА[1]

[1] Омский аграрный научный центр,
644012 Россия, г. Омск, пр. Королева, 26;
55asc@bk.ru

[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.safonova@vir.nw.ru

NEW MID-SEASON SPRING BARLEY CULTIVAR OMSKY 101

P. N. NIKOLAEV[1], O. A. YUSOVA[1], N. I. ANISKOV[2], I. V. SAFONOVA[2], J. V. RYAPOLOVA[1]

[1] Omsk Agrarian Scientific Center,
26 Koroleva Avenue, Omsk 644012, Russia;
55asc@bk.ru

[2] N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000 Russia;
i.safonova@vir.nw.ru

Актуальность. Первоочередной задачей селекции является создание и внедрение в производство двурядных среднеспелых сортов ячменя кормового и пищевого направлений использования, способных формировать высокий и качественный урожай зерна. Цель исследования – характеристика нового двурядного кормового сорта ярового ячменя 'Омский 101' селекции Омского аграрного научного центра (АНЦ) по качеству зерна, урожайности и устойчивости к комплексу болезней. **Объектом исследований** выступал новый перспективный сорт ярового ячменя кормового направления 'Омский 101', переданный на ГСИ в 2018 году, в качестве стандарта использован сорт 'Омский 95', также для сравнения приведены данные изучения последнего переданного на ГСИ (2016 г.) сорта 'Омский 100'. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2013–2018 гг. на опытных полях Омского аграрного научного центра, расположенных в южной лесостепи и степной зоне. Площадь делянки – 10 м^2, повторность 4-кратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Проведена математическая обработка по Б. А. Доспехову. **Результаты.** Новый перспективный сорт 'Омский 101' по продуктивности относится к высокоурожайным; в среднем за период исследований данный сорт имел достоверное превышение по урожайности над стандартным сортом 'Омский 95' как в зоне южной лесостепи (+0,55 т/га), так и в степной зоне (+0,38 т/га). Прибавка по отношению к сорту 'Омский 100' составила 0,29 и 0,59 т/га при посевах по зяби и пару соответственно. 'Омский 101' характеризовался прибавкой к стандартному сорту 'Омский 95' по массе 1000 зерен (+5,3 г), натуре (+44,0 г/л), имел более выравненное зерно (+12,4% к st.). Также, по отношению к стандарту и сорту 'Омский 100', наблюдалось повышенное содержание в зерне белка (+1,0 и +0,9%) и крахмала (+1,3 и +1,5%) соответственно. За период изучения сорт 'Омский 101' по результатам максимального поражения видами головни проявил слабую восприимчивость к черной головне (в среднем 3,5%) и каменной головне (5,0%), что ниже стандарта и на уровне сорта 'Омский 100'. Поражаемость пыльной головней средняя (23,1%), что на уровне стандарта, но превышает 'Омский 100'. **Выводы.** Новый перспективный сорт 'Омский 101' относится к высокоурожайным и высококачественным, устойчив к головневым видам заболеваний. Сорт передан на Государственное сортоиспытание в Уральский (9), Западно-Сибирский (10) и Восточно-Сибирский (11) регионы.

Ключевые слова: двурядный яровой ячмень, сорт, урожайность, качество зерна, головневые заболевания.

Background. The primary task of plant breeding is to develop and introduce into production two-row mid-season barley cultivars for feed and food purposes, capable of generating a high and high-quality grain yield. The purpose of the study is to characterize the new two-row fodder spring barley cultivar 'Omsky 101' (bred at Omsk Agrarian Scientific Center) according to its grain quality, yield and resistance to a set of diseases. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out from 2013 through 2018 on the experimental fields of Omsk Agrarian Scientific Center, located in the southern forest-steppe and steppe zones. The area of the plot was 10 m^2; there were 4 replications. The seeding rate was 4 million viable seeds per 1 ha. Agricultural practice in the experiment was conventional for the West Siberian region. Mathematical data processing complied with B. A. Dospekhov's guidelines. **Results.** In terms of productivity, the new promising cv. 'Omsky 101' is a high-yielding variety; on average, over the period of research, its yield significantly exceeded the level of the reference cv. 'Omsky 95' both in the southern forest-steppe zone (+0.55 t/ha) and in the steppe zone (+0.38 t/ha). The increase over cv. 'Omsky 100' was 0.29 and 0.59 t/ha when sown over autumn plowing and fallow, respectively. When compared with the reference 'Omsky 95', 'Omsky 101' showed a gain in the weight of 1000 grains (+5.3 g), grain unit weight (+44.0 g/l), and grain uniformity (+12.4%). Also, when compared with both the reference and 'Omsky 100', there was an increased content of protein (+1.0 and +0.9%, respectively) and starch (+1.3 and +1.5%, respectively) in grain. During the period of study, according to the maximum damage scores with various smut species, 'Omsky 101' showed low rates of susceptibility to false loose smut (3.5% on average) and covered smut (5.0%), which is lower than the reference and level with cv. 'Omsky 100'. Loose smut virulence rate was medium (23.1%), which is level with the reference but exceeds 'Omsky 100'. **Conclusion.** The new promising cultivar 'Omsky 101' is high-yielding, of high quality, and resistant to smut species. The cultivar has been submitted to State Variety Trials in the Ural (9), West Siberian (10) and East Siberian (11) regions.

Key words: two-row spring barley, cultivar, yield, grain quality, smut diseases.

Введение

Ячмень – незаменимая универсальная зерновая культура, имеющая кормовое, продовольственное и техническое значение. Доля употребления ячменя для приготовления пива составляет 8%, на продовольственные цели – 15% и более 75% используется на кормовые цели, включая производство комбикормов. В климатических условиях Западной Сибири ячмень представляет лучшую зернофуражную и кормовую культуру. Это связано с тем, что ячмень обладает приоритетом перед яровой пшеницей и овсом по скороспелости, способности переносить засуху, продуктивности и кормовым достоинствам (Surin et al., 2014). В равнозначных условиях возделывания пшеницы и ячменя последний дает урожайность, особенно в сухие годы, на 3–4 ц/га выше. К тому же по сбалансированности аминокислотного состава белка бесспорное преимущество остается за ячменем (Yu et al., 2017; Lin et al., 2014). Так как любой регион имеет свои характерные климатические и почвенные особенности, генерируется потребность для каждого из них создавать сорта, которым свойственна высокая адаптивность к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам с достаточной потенциальной продуктивностью и способностью реализовать ее даже в стрессовых погодных условиях (Robinson et al,, 2007; Sarkar, 2014). Из всех определяемых слагаемых условий получения высокой урожайности зерна надлежащего качества (к которым относятся минеральные удобрения, пестициды, средства механизации и т. д.) в нынешнее время сохранился досягаемым, выгодным только сорт. Он играет огромную роль в повышении продуктивности и улучшении качества зерна и является первоосновой какой угодно продукции растениеводства. В обозримом будущем роль биологической составляющей – прежде всего, создания и селекционного улучшения существующих сортов и гибридов – в повышении величины и качества урожая будет неизменно увеличиваться (Loskutov, 2007; Surin et al., 2016).

В Западной Сибири почвенно-климатические условия, в общем, пригодны для выращивания ячменя, но в ряде случаев наблюдается резкое снижение урожайности на фоне отрицательного проявления как абиотических (высокий температурный режим, недостаток влаги в почве), так и биотических факторов (поражение ржавчиной, головней, корневыми гнилями и т. д.) (Dontsova et al., 2014; Nikolaev et al., 2018; Popolzukhin et al., 2018). В этой связи создание и внедрение в производство двурядных, среднеспелых сортов ячменя кормового и пищевого направлений использования, способных формировать высокий и качественный урожай зерна, является первоочередной задачей селекции.

Цель настоящего исследования – характеристика нового двурядного кормового сорта ярового ячменя ‘Омский 101’ по качеству зерна, урожайности и устойчивости к комплексу болезней.

Материалы и методы

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2013–2018 гг. на опытных полях Омского аграрного научного центра, расположенных в южной лесостепи и степной зоне. Почва – чернозем обыкновенный выщелоченный, содержание гумуса – 6–7%. Площадь делянки – 10 м^2, повторность 4-кратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га. Посев произведен селекционной сеялкой ССФК-7, третий селекционный севооборот по предшественнику пшеницы, четвертая культура после пара. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Уборка проведена в фазу полной спелости селекционным комбайном Hege 125. Селекционная проработка материала велась на основе методики ГСИ (Methods of State..., 1985). Оценку на устойчивость к болезням определяли в лаборатории иммунитета, биохимический анализ зерна проводили в лаборатории генетики, биохимии и физиологии растений. Проведена математическая обработка данных (Dospekhov, 1985).

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований с 2013 по 2018 г. сложились контрастные условия. Период вегетации 2014 г. характеризовался засушливыми условиями (ГТК = 0,92), сухими и холодными в 2015 г. (ГТК = 0,70). Достаточным увлажнением отличались периоды вегетации 2013 и 2018 г. (ГТК = 0,99). Среднемноголетнее значение ГТК составляет 0,82, что означает засушливые условия. Период формирования зерновки (третья декада июля, август) характеризовался недобором количества осадков в 2014 году, а также в июле 2015 года (13÷95% к норме), что, несомненно, отразилось на качестве зерна (рис. 1, 2). На этом фоне наблюдается превышение средних температур воздуха в августе 2014 года (+3,2°С) и недобор их в 2013 и 2018 годах (–0,6 ÷ –4,8°С).

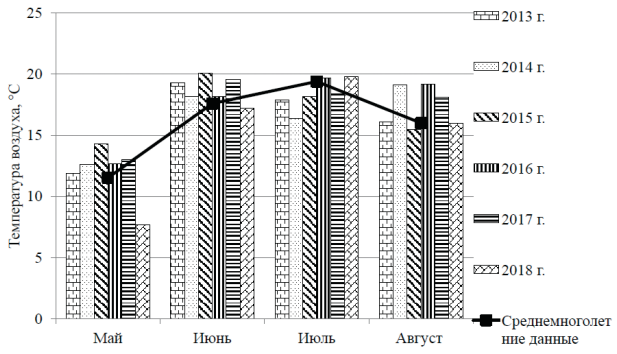


Рис. 1. Средняя температура воздуха вегетационных периодов с 2013 по 2018 г., °С

Fig. 1. Mean air temperature in the growing seasons of 2013 through 2018, °C

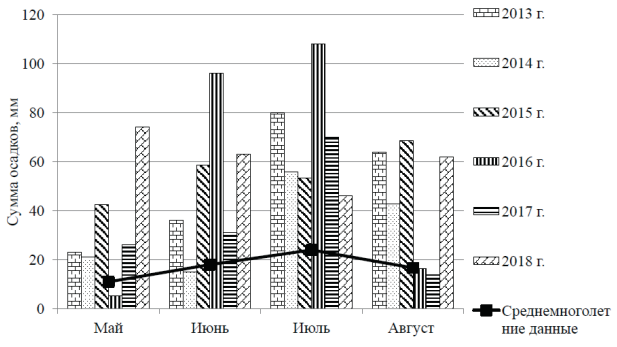


Рис. 2. Сумма осадков вегетационных периодов с 2013 по 2018 г., мм

Fig. 2. Total precipitation for the growing seasons of 2013–2018, mm

Объектом исследований выступал новый перспективный сорт ярового ячменя кормового направления ‘Омский 101’, переданный на ГСИ в 2018 г.

В качестве стандарта использован сорт ‘Омский 95’ (Тогузак × Омский 88), разновидность – нутанс, относится к степной экологической группе, засухоустойчив, среднеспелый, вегетационный период 79–90 дней. Сорт также характеризуется высокой устойчивостью к полеганию, слабой восприимчивостью к каменной и черной головне и средней восприимчивостью к пыльной головне. Рекомендуется к использованию на кормовые цели, а также, благодаря крупности зерна, в крупяной промышленности. Сорт ‘Омский 95’ включен в Госреестр по Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам (патент № 3102, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 26.04.2006).

Для сравнения приведены данные изучения последнего переданного на ГСИ (2016) сорта ‘Омский 100’. Данный сорт относится к лесостепной экологической группе сортов, засухоустойчив, среднеспелый, высокоустойчив к полеганию. Характеризуется слабой восприимчивостью к черной головне и средней – к пыльной головне. Отличается более высокой устойчивостью к этим заболеваниям в сравнении со стандартным сортом ‘Омский 95’. По продуктивности сорт ‘Омский 100’ относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири.

Результаты и обсуждение

Яровой ячмень ‘Омский 101’ выведен в СибНИИСХ (Омский АНЦ) методом гибридизации сортов (‘Нутанс 4621’ × ‘Нудум 4731’) с последующим индивидуальным отбором в F_3. Скрещивание сортов произведено в 2005 г., в качестве исходного материала для гибридизации использованы образцы коллекции ВИР (рис. 3). В 2006 г. проведено размножение в сетчатом дворике (F_1), в 2007 г. – размножение в полевых условиях в ГП-3 (F_2). В гибридном питомнике 2008 года отобрано 59 элитных растений, которые высеяны в 2009 г. в СП-1. В полевых условиях из них выделено 11 линий, 7 из которых испытывались в СП-2 в 2010 г. Лучшие 2 линии изучались в КП в 2011 г. С 2012 по 2018 г. наиболее урожайная линия (‘Медикум 4858’) проходила испытание в КСИ.

Сорт ‘Омский 101’ относится к лесостепной экологической группе сортов, засухоустойчив, среднеспелый (от всходов до созревания 82–87 суток), устойчив к полеганию. Разновидность сорта – медикум, сорт среднерослый (высота 65–90 см), полупрямостоячий, соломина прочная, толщина и прочность стебля средняя, окраска стеблевых узлов коричневая. Лист средней ширины – промежуточный, встречаемость растений с наклоненным флаговым листом отсутствует. Влагалища нижних листьев без опушения, восковой налет на влагалище очень сильный. Ушки серповидные, светлые со слабой антоциановой окраской, язычок обыкновенный. Колосья двурядные, пленчатые, остистые, соломенно-желтые, цилиндрической формы, средней длины, рыхлые. Переход цветочной чешуи в ость постепенный. Нервация цветочной чешуи слабо выражена. Ости длинные, гладкие, расположены вдоль колоса (параллельно колосу), соломенно-желтые, средней грубости, в отдельные годы могут быть слабо зазубрены в начале или в конце ости, щетинка волосистая. Может проявляться антоциановая окраска кончиков остей. Первый сегмент колосового стержня со слабым изгибом. На среднем колоске длина колосковой чешуи и ости короче зерновки. Зерно желтое, пленчатое, полуудлиненное, крупное.

Согласно данным, представленным в таблице 1, новый перспективный сорт ‘Омский 101’ за период исследований с 2013 по 2018 г. характеризовался прибавкой к стандартному сорту ‘Омский 95’ по массе 1000 зерен (+5,3 г), натуре (+44,0 г/л), имел более выравненное зерно

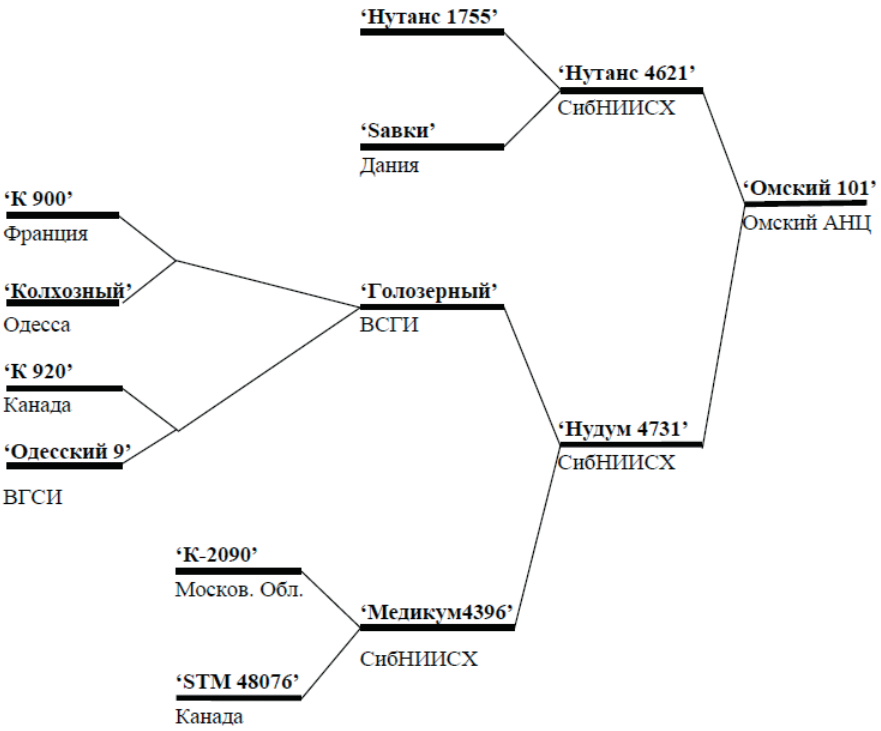


Рис. 3. Родословная сорта ячменя ярового ‘Омский 101’

Fig. 3. Pedigree of the spring barley cultivar ‘Omsky 101’

(+12,4% к st.). Содержание в зерне ячменя белка и крахмала определяет его энергетические свойства (Zheleznov et al., 2013; Robinson et al., 2007). В наших исследованиях, у сорта 'Омский 101' наблюдалось повышенное содержание в зерне белка (+1,0 и +0,9%) и крахмала (+1,3 и +1,5%) соответственно к стандарту и сорту 'Омский 100'.

Ячмень поражается тремя видами головни: твердой (каменной), пыльной и черной (ложно пыльной). Пыльная головня ячменя распространена повсеместно, но наиболее вредоносна в Сибири, на Северном Кавказе и на Украине в степной и лесостепной зонах. Болезнь встречается очагами, большей частью по краям полей, у дорог, лесополос и опушек леса. У растений, пораженных заболеванием, уменьшались высота, длина главного колоса, общее количество побегов и число продуктивных побегов. В колосе растения вместо зерна образуются мелкие головневые мешочки с закругленным верхним конусом и маленьким отростком. Пораженные участки практически не дают урожая. При использовании фуражного зерна с примесями головневых комочков (до 0,04%) для кормления скота наблюдаются нарушения жизнедеятельности животных. В производственной практике не теряет актуальности вопрос иммунитета сортов ячменя к головневым заболеваниям (Legkun, 2015; Zhichkina, Stolpivskaya, 2015).

Таблица 1. Характеристика качества зерна нового сорта ячменя'Омский 101' за 2013–2018 гг.
Table 1. Grain quality characteristics of the new barley cultivar 'Omsky 101' for 2013–2018

Сорт	Масса 1000 зерен $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, г	Натура $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, г/л	Выравненность $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, %	Белок $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, %	Крахмал $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, %	Жир $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, %
Омский 95, st.	43,2 ± 3,0	607,0 ± 19,2	65,9 ± 4,0	13,1 ± 1,1	57,2 ± 1,7	2,0 ± 0,3
Омский 100	50,0 ± 4,5	655,0 ± 20,5	80,5 ± 7,2	13,2 ± 0,9	57,0 ± 1,8	2,2 ± 0,5
Омский 101	48,5 ± 2,5	651,0 ± 15,6	78,3 ± 6,3	14,1 ± 1,0	58,5 ± 2,2	2,1 ± 0,3
$НСР_{05}$	2,1	15,4	4,5	0,3	0,5	0,1

Согласно данным таблицы 2, наблюдалась значительная изменчивость данных головневых заболеваний по годам (CV > 20%). Так, 2017 г. характеризовался максимальной поражаемостью черной (30,6 и 6,6% соответственно у сортов 'Омский 95' и 'Омский 101') и каменной головней (от 5,9% у 'Омский 100' до 18,9% у 'Омский 95'). Наибольшее поражение пыльной головней наблюдалось в 2018 г. (от 41,3% у 'Омский 100' до 80,2% у 'Омский 101').

За период изучения поражаемость сорта 'Омский 95' (стандарта восприимчивости) соответствует показателям сильной восприимчивости ко всем видам головни. Сорт 'Омский 101' по результатам максимального поражения видами головни проявил слабую восприимчивость к черной головне (в среднем 3,5%) и каменной головне (5,0%), что ниже стандарта и на уровне сорта 'Омский 100'. Поражаемость пыльной головней средняя (23,1%), что на уровне стандарта, но превышает 'Омский 100'.

Таблица 2. Характеристика нового сорта ячменя 'Омский 101' по поражаемости головневыми заболеваниями за 2013–2018 гг.

Table 2. Characterization of the new barley cultivar 'Omsky 101' according to its susceptibility to smut diseases, average for 2013–2018

Сорт	Черная головня, %			Каменная головня, %			Пыльная головня, %		
	Lim.	$\bar{x}$	CV, %	Lim.	$\bar{x}$	CV, %	Lim.	$\bar{x}$	CV, %
Омский 95, st.	5,2–30,6	16,2	35,2	4,4–18,9	13,5	28,3	0,0–63,1	23,4	48,5
Омский 100	0,0–8,1	3,0	29,6	1,3–5,9	4,0	26,4	0,0–41,3	16,1	36,2
Омский 101	0,6–6,6	3,5	28,6	1,1–11,4	5,0	27,3	0,0–80,2	23,1	67,7
$НСР_{05}$	4,3		-	3,0		-	2,4		-

Согласно данным таблицы 3, климатические условия зоны южной лесостепи способствуют формированию более высокой урожайности (+0,85…+3,13 т/га в среднем по сортам) по отношению к степной зоне. Максимальная среднесортовая урожайность в зоне южной лесостепи наблюдалась при посеве ячменя по пару (+0,91 т/га к посеву по зяби и +2,28 т/га к посеву четвертой культурой после пара).

Таблица 3. Урожайность нового сорта ячменя 'Омский 101'за 2013-2018 гг., т/га
Table 3. Yield of the new barley cultivar 'Omsky 101' for 2013–2018, t/ha

Сорт	Зона южной лесостепи						Степная зона	
	посев четвертой культурой после пара		посев по зяби		посев по пару			
	$\bar{x}$	Lim.	$\bar{x}$	Lim.	$\bar{x}$	Lim.	$\bar{x}$	Lim.
Омский 95, st.	4,23	2,24–5,80	6,03	4,68–7,39	6,94	6,57–7,32	3,50	1,93–4,20
Омский 100	4,69	3,46–6,55	5,76	4,63–6,94	6,51	6,28–6,75	3,78	2,15–4,65
Омский 101	4,78	3,15–6,52	6,05	4,73–7,36	7,10	7,11–7,09	3,88	2,31–4,50
$НСР_{05}$	0,17		0,09		0,18		0,07	

Сорт 'Омский 101' по продуктивности относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири. В среднем за период исследований данный сорт имел достоверное превышение по урожайности над стандартным сортом 'Омский 95' при посеве четвертой культурой после пара в зоне южной лесостепи (+0,55 т/га) и в степной зоне (+0,38 т/га). Прибавка по отношению к сорту 'Омский 100' составила 0,29 и 0,59 т/га при посевах по зяби и пару соответственно.

Заключение

1. Новый перспективный сорт 'Омский 101' (оригинатор – Омский АНЦ) по продуктивности относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири. В среднем за период исследований с 2013 по 2018 г. данный сорт имел достоверное превышение по урожайности над стандартным сортом 'Омский 95' как в зоне южной лесостепи (+0,55 т/га), так и в степной зоне (+0,38 т/га).

2. 'Омский 101' характеризовался повышенным качеством зерна (по массе 1000 зерен +5,3 г; по натуре +44,0 г/л; по содержанию в зерне белка +1,0%; крахмала +1,3% к st.).

3. 'Омский 101' проявил слабую восприимчивость к черной (–12,7% к st.) и каменной головне (–8,5% к st.).

4. Сорт передан на Государственное сортоиспытание в Уральский (9), Западно-Сибирский (10) и Восточно-Сибирский (11) регионы.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическим планам:
ОмАНЦ по теме № 0797-2019-0009 «Создание новых сортов зернобобовых культур (горох и соя), зернофуражных (ячмень, овес) и многолетних трав (люцерна, кострец безостый) с улучшенными показателями продуктивности и качества, повышенной устойчивостью к болезням, к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам среды»;
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

Dontsova A.A., Filippov E.G., Raeva S.A. Condition of production and variety content of barley in Rostov region (Sostoyanie proizvodstva i sortovoy sostav yachmenya v Rostovskoy oblasti). *Grain Economy of Russia.* 2014;4(34):78-86. [in Russian] (Донцова А.А., Филиппов Е.Г., Раева С.А. Состояние производства и сортовой состав ячменя в Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2014;4(34):78-86).

Dospekhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат; 1985).

Legkun I. B. Development and evaluation of winter barley varieties for group resistance to smut diseases (Sozdaniye i otsenka sortov yachmenya ozimogo na gruppovuyu ustoychivost k golovnevym zabolevaniyam). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2015;19(2):41-46. [in Russian] (Легкун И.Б. Создание и оценка сортов ячменя озимого на групповую устойчивость к головневым заболеваниям. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015;19(2):41-46). DOI 10.18699/VJ15.024

Lin C., Chen X., Jian L., Shi C., Jin X., Zhang G. Determination of grain protein content by near-infrared spectrometry and multivariate calibration in barley. *Food Chem*., 2014;162:10-15. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.04.056

Loskutov I.G. Genetic resources of oat and barley as a source of efficient breeding in Russia (Geneticheskiye resursy ovsa i yachmenya – istochnik rezultativnoy selektsii v Rossii). In: Proceedings of the II Vavilov International Conference *Genetic Resources of Cultivated Plants in the XXI Century: Current Status, Problems, Perspectives*. St. Petersburg: VIR; 2009. p.200-205. [in Russian] (Лоскутов И.Г. Генетические ресурсы овса и ячменя – источник результативной селекции в России. В сб.: Материалы II Вавиловской международной конференции "Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы". СПб.: ВИР; 2009. С.200-205).

Methods of State Variety Trials for Agricultural Crops (Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur). Moscow: Kolos; 1985. [in Russian] (Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос; 1985).

Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V., Popolzukhin P.V. Assessment of adaptive features of spring barley in the steppe of Siberian Priirtyshye (Otsenka adaptivnykh svoystv sortov yarovogo yachmenya v stepnykh usloviyakh Sibirskogo Priirtyshya).*Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2018;2:37-44. [in Russian] (Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А., Сафонова И.В., Поползухин П.В. Оценка адаптивных свойств сортов ярового ячменя в степных условиях Сибирского Прииртышья. *Вестник НГАУ*. 2018;2:37-44).

Popolzukhin P.V., Nikolaev P.N., Aniskov N.A., Yusova O.A., Safonova I.V. Evaluation of productivity and adaptive properties of spring barley varieties under conditions of the Siberian Irtysh region (Otsenka produktivnosti i adaptivnykh svoystv sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Sibirskogo Priirtyshya). *Zemledelie.* 2018;3:40-43. [in Russian] (Поползухин П.В., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А., Сафонова И.В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья. *Земледелие*. 2018;3:40-43). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309

Robinson L.H., Juttner J., Milligan J., Lahnstein J., Eglinton J.K., Evans D.E. The Identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterisation of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type. *Journal of Cereal Science.* 2007;45(3):343-352. DOI:10.1016/j.jcs.2006.08.012

Sarkar B. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding.* 2014;74(1):26-33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004

Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Inte-

grated assessment of adaptive ability of barley samples from VIR collection under conditions of Krasnoyarsk forest-steppe (Integrirovannaya otsenka adaptivnoy sposobnosti obraztsov yachmenya iz kollektsii VIR v usloviyakh Krasnoyarskoy lesostepi). *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30(6):32-35. [in Russian] (Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Интегрированная оценка адаптивной способности образцов ячменя из коллекции ВИР в условиях Красноярской лесостепи. *Достижение науки* и техники АПК. 2016;30(6):32-35).

Surin N.A., Zobova N.V., Lyakhova N.E. The genetic potential of barley in Siberia and its importance for breeding (Geneticheskiy potentsial i selektsionnaya znachimost yachmenya Sibiri). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2014;2:378-386. [in Russian] (Сурин Н.А., Зобова Н.В., Ляхова Н.Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014;2:378-386).

Yu W., Tan X., Zou W, Hu Z., Fox G.P., Gidley M.J., Gilbert R.G. Relationships between protein content, starch molecular structure and grain size in barley. *Carbohydrate Polymers.* 2017;155:271-279. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.08.078

Zheleznov A.V., Kukoeva T.V., Zheleznova N.B. Naked barley: origin, distribution and prospects of utilisation (Yachmen golozerny: proiskhozhdeniye, rasprostraneniye i perspektivy ispolzovaniya). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2013;17(2):286-297. [in Russian] (Железнов А.В., Кукоева Т.В., Железнова Н.Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 2013;17(2):286-297).

Zhichkina L.N., Stolpivskaya E.V. Resistance of spring barley varieties to loose smut (Ustoychivost sortov yarovogo yachmenya k pylnoy golovne). *Bulletin Samara State Agricultural Academy.* 2015;4:49-52. [in Russian] (Жичкина Л.Н., Столпивская Е.В. Устойчивость сортов ярового ячменя к пыльной головне. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015;4:49-52).

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

Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В., Ряполова Я.В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):83-88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88

Nikolaev P.N., Yusova O.A., Aniskov N.I., Safonova I.V., Ryapolova J.V. New mid-season spring barley cultivar Omsky 101. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):83-88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-83-88

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ КУСТОВЫХ И КОРОТКОПЛЕТИСТЫХ СОРТОВ АРБУЗА

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-89-94
УДК 635.615:631.523:631.527:631.526.32
Поступление/Received: 05.03.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

GENETIC SOURCES FOR BREEDING BUSHY AND SHORT-VINE WATERMELON CULTIVARS

Г. А. ТЕХАНОВИЧ, А Г. ЕЛАЦКОВА, Ю А. ЕЛАЦКОВ

Кубанская опытная станция ВИР, филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 352183 Россия, Краснодарский край, п. Ботаника, ул. Центральная, 2;
kos-vir@yandex.ru

G. A. TEKHANOVICH, A. G. ELATSKOVA, YU. A. ELATSKOV

Kuban Experiment Station of VIR, branch of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 2 Tsentralnaya Street, Botanika, Krasnodar Territory 352183, Russia;
kos-vir@yandex.ru

Актуальность. Важная роль в изучении коллекции арбуза принадлежит раскрытию его генетического потенциала на основе выявления спонтанных мутаций, использования образцов в скрещиваниях и изучения наследования основных признаков гибридами. Одно из важнейших направлений в селекции арбуза – формирование и создание генетических источников кустовых и короткоплетистых форм со стабильным проявлением их морфобиологических признаков в разных условиях среды. **Материал и методы.** Материалом для исследования служили образцы коллекции арбуза (местные образцы, районированные и перспективные сорта, гибриды и линии, полученные в процессе работы) разных эколого-географических групп. Описание морфологических и оценку хозяйственно полезных признаков проводили в соответствии с методическими указаниями изучения и поддержания коллекции бахчевых культур и методическими указаниями селекции бахчевых культур, разработанных в ВИР. **Результаты.** Изучены изменчивость и наследование признаков кустовости и короткоплетистости у образцов арбуза по особенностям их роста и развития. Кустовые морфотипы растений характеризуются очень короткими (2–3 см) междоузлиями. Короткоплетистые растения в ранний период развития отчетливо выделяются компактным кустом по сравнению с длинноплетистыми. Короткоплетистость обусловлена короткими междоузлиями (4–5 см) и меньшим числом боковых побегов. **Заключение.** В результате многолетнего полевого изучения коллекции арбуза выделены перспективные генетические источники для селекции кустовых и короткоплетистых сортов: кустовые рассеченнолистные линии (КРЛ) – КРЛ 694, КРЛ 656, КРЛ 376, КРЛ 394; кустовые цельнолистные линии (КЦЛ) – КЦЛ 760/13; желто-зеленые кустовые рассеченнолистные (ЖЗКРЛ) – ЖЗКРЛ; короткоплетистые линии арбуза (КПЛ) – КПЛ 774, КПЛ 368. Созданные линии различаются по морфобиологическим и хозяйственно полезным признакам (продуктивность, качество плодов, длина вегетационного периода). Обладают устойчивостью к болезням (фузариозное увядание, антракноз), стрессовым условиям среды. Линии предлагаются для использования в селекции новых кустовых и короткоплетистых сортов и улучшения существующих с разным сочетанием морфобиологических и хозяйственных признаков. Приведено краткое описание основных хозяйственно ценных признаков селекционных линий.

Ключевые слова: арбуз, источник, сорт, линия, селекция, коллекция, признак.

Background. When studying the collection of watermelon, it is important to disclose its genetic potential by identifying spontaneous mutations, using its accessions in crosses, and analyzing inheritance of its main traits in hybrids. One of the priorities in watermelon breeding is to develop and produce genetic sources of bushy and short-vine forms with stable manifestation of their morpho-biological characters under various environmental conditions. **Material and methods.** Accessions from the watermelon collection (local landraces, commercialized and promising cultivars, hybrids and lines obtained in the process of work) of diverse ecogeographic groups served as the material for this research. Description of morphological characters and assessment of economically useful ones were based on the guidelines for studying and maintaining the cucurbit collection and the guidelines for cucurbit crop breeding, both developed by VIR. **Results.** Variability and inheritance of the bushiness and short vine characters were studied in watermelon accessions according to the features of their growth and development. The habitus of the bushy forms is shaped by the length of stems (0.8–1.2 m) and very short (2–3 cm) internodes. Short-vine plant stems are 1.3–1.5 m long. Short-vine plants in the early period of development distinctly stand out for their compact bush, if compared with long-vine forms. Short vines are developed due to short internodes (4–5 cm) and a smaller number of lateral shoots. **Conclusion.** Many years of studying the watermelon collection in the field resulted in identification of promising genetic sources for the breeding of bushy and short-vine cultivars: bushy dissected-leaf lines (KRL) – KRL 694, KRL 656, KRL 376 and KRL 394; bushy entire-leaf lines (KTsL) – KTsL 760/13; yellow-green bushy dissected-leaf lines (ZhZKRL) – ZhZKRL; short-vine watermelon lines (KPL) – KPL 774 and KPL 368. The developed lines differ in morpho-biological and economically useful characters (yield, fruit quality, growing season duration, etc.). They possess resistance to diseases (fusarium wilt and anthracnose) and environmental stressors. The lines are offered for use in the breeding of new bushy and short-vine cultivars and improvement of the existing ones, with various combinations of morpho-biological and economic traits. Brief descriptions of main economically valuable characters of the breeding lines are presented.

Key words: watermelon, source, cultivar, line, breeding, collection, character.

Введение

В селекции арбуза большое значение уделяется созданию генетической коллекции. Ее использование позволяет целенаправленно и эффективно вести селекционную работу по выведению сортов и гибридов с высоким потенциалом продуктивности, качества продукции, устойчивости к болезням и вредителям, стрессовым условиям среды. Особое значение имеет создание сортов, отвечающих требованиям энергосберегающих и экологически безопасных технологиям возделывания.

В качестве исходного материала для создания таких сортов служит мировая коллекция ВИР, насчитывающая в настоящее время 3149 образцов. Она представлена огромным разнообразием форм, культурных сортов, дикорастущих видов и является основным звеном в селекции.

Всестороннее изучение мировой коллекции арбуза проведено Федеральным исследовательским центром Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Известными учеными ВИР опубликован в разные годы ряд фундаментальных работ в виде монографий и статей (Pangalo, 1937; Filov, 1957, 1969; Goldgauzen, 1959; Fursa, Filov, Korovina, 1982; Tekhanovich, Fursa, 1986; Fursa, 1990; Elatskov, 2012; Elatskov, Elatskova, 2017), в которых отражены вопросы систематики, происхождения, биологии роста и развития растений, отношения к условиям среды, биологии цветения и опыления, изменчивости признаков и их наследования. Выделены перспективные образцы для разных направлений селекции. В результате использования коллекции научно-исследовательскими учреждениями страны (Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства, Быковская бахчевая селекционная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, Бирючекутская овощная селекционная опытная станция и др.) выведен целый ряд высокопродуктивных сортов арбуза с хорошим качеством, адаптивных к разным условиям выращивания.

В настоящее время актуальная проблема в изучении арбуза – раскрытие его генетического потенциала не только отслеживанием спонтанных мутаций у растений, но и путем использования образцов коллекции в скрещиваниях, изучения наследования гибридами важнейших признаков, выявления эффективных генетических источников и доноров для создания новых и улучшения существующих сортов.

На Кубанской опытной станции ВИР в течение многих лет ведется работа по выявлению и созданию новых форм арбуза на основе выявления спонтанных мутаций, метода гибридизации, использования многократного инцухта и разных способов отбора. В результате выделены источники скороспелости, продуктивности, качества, устойчивости к болезням (фузариозное увядание, антракноз), стрессовым условиям среды, а также генетические источники, обладающие маркерными признаками: нерассеченным (цельным) листом, кустовым и короткоплетистым морфотипами растений, желто-зеленой окраской листа и белесой, желтой и оранжево-желтой окраской плода, с малым количеством семян в плодах.

Одно из важнейших направлений в селекции арбуза – формирование и создание таких генетических источников кустовых и короткоплетистых форм, морфобиологические признаки которых в разных условиях среды должны быть достаточно стабильны. В гибридных популяциях они проявляют рецессивный характер наследования признака кустовости и короткоплетистости. Взаимодействия генотипа и среды проявляются в фенотипической изменчивости признака, рецессивные формы удается выявить и закрепить в виде линий. Создание линий кустовых и короткоплетистых форм необходимо для выведения сортов, пригодных для механизированного возделывания и уборки, удобных для выращивания на садово-огородных и фермерских участках. Сорта, созданные на их основе: ‘Святослав’ (к–5428; рис. 1), ‘Подарок Солнца’ (к-5402), позволяют сократить затраты ручного труда и снизить себестоимость

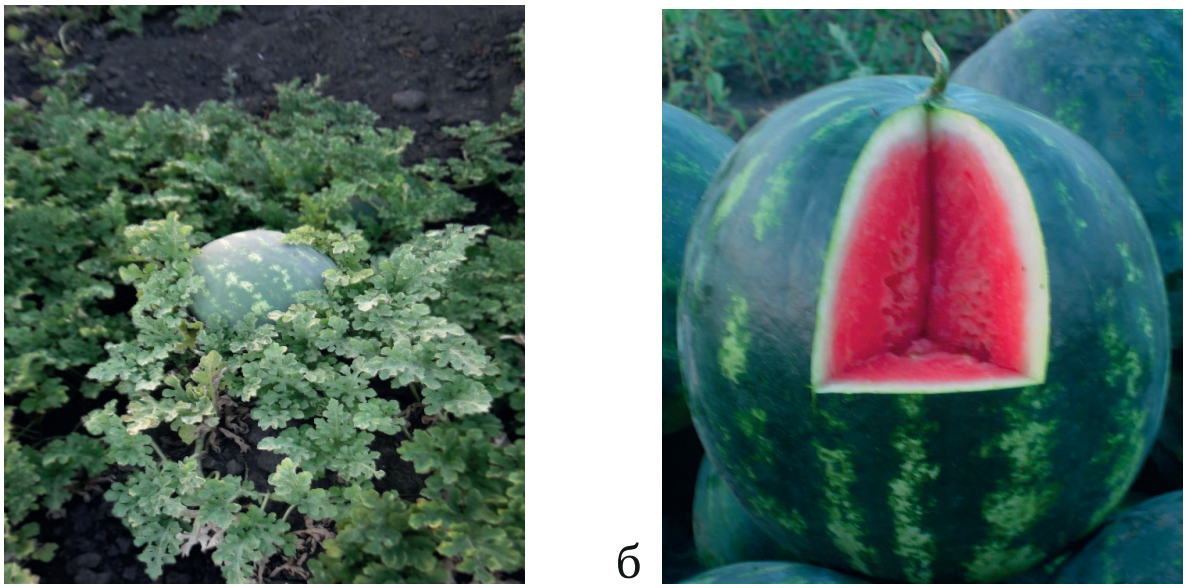


Рис. 1. Районированный кустовой сорт арбуза ‘Святослав’ селекции Кубанской опытной станции ВИР: а – внешний вид растения, б – плод в разрезе (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 1. The commercialized bushy watermelon cultivar ‘Svyatoslav’ bred at the Kuban Experiment Station of VIR: a – habitus; b – a cut fruit (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

производимой продукции. Для успешного решения этой проблемы необходимо иметь разнообразный исходный материал.

Материал и методы

Материалом для исследования служили образцы коллекции арбуза разных эколого-географических групп. Они включали местные образцы, районированные и перспективные сорта, гибриды и линии, полученные в процессе работы. Описание морфологических и оценку хозяйственно полезных признаков проводили в соответствии с методическими указаниями изучения и поддержания коллекции бахчевых культур (Studying..., 1988) и методическими указаниями селекции бахчевых культур (Breeding..., 1988), разработанными в ВИР.

Для получения гибридов в скрещиваниях использовали однородные самоопыленные линии, полученные самоопылением отдельных растений как кустовых форм, так и плетистых сортов в течение трех-пяти лет. В гибридных потомствах методом гибридологического анализа изучали наследование основных признаков и их генетический контроль. Характер расщепления определяли с использованием метода хи-квадрат (χ^2).

Результаты и обсуждение

В результате исследований в качестве исходного материала для селекции выделены перспективные источники – линии арбуза кустового (0,8–1,2 м) и короткоплетистого (1,3–1,5 м) морфотипов.

Установлен характер наследования признаков, определяющий кустовость и короткоплетистость у арбуза. Признак кустовости (карликовости) контролируется рецессивным геном *dw-1* (*dwarf-1*), (Mohr, 1963). Короткоплетистость наследуется как моногенный рецессив и контролируется геном *shv* (*short vine*), (Dyutin, Afanasyeva, 1987). Следует отметить, что короткоплетистые растения в ранний период развития четко различаются более компактным кустом по сравнению с длинноплетистыми.

Созданные линии разнообразны по морфологическим и хозяйственным признакам (величина, форма, окраска фона и рисунок плода, консистенция, окраска мякоти и ее качество, величина, количество и окраска семян). Они различаются также и по длине вегетационного периода (от раннеспелых до средне- и позднеспелых), по продуктивным и качественным показателям. Выделенные линии обладают устойчивостью к болезням (фузариозное увядание, антракноз) и стрессовым условиям жары и засухи.

Разнообразие новых линий арбуза дает возможность создать кустовые и короткоплетистые сорта – аналоги наиболее востребованных в производстве сортов в настоящее время, таких как ‘Астраханский’ (к–4619), ‘Мелитопольский’ (к–2020), ‘Ранний Кубани’ (к–5382), ‘Ольгинский’ (к–5090), ‘Родник’ (к–5430), ‘Кримсон’ (к–4297), ‘Клондайк полосатый’ (к–4246), ‘Подарок Солнца’ (к-5402) и др.

Для практической селекции заслуживают внимания следующие кустовые и короткоплетистые линии.

Кустовые рассеченнолистные (КРЛ)

КРЛ 694. Растения компактно-кустовые (0,9–1,2 м) и среднерассеченными, гофрированными, темно-зелеными листьями. Плоды шаровидные, наподобие сорта ‘Мелитопольский’, массой 3,8–5,3 кг с зеленым фоном и темно-зелеными средней ширины шиповатыми полосами. Кора 1,5 см, прочная. Мякоть густо-розовая и малиновая, зернистой и нежно-волокнистой консистенции, хорошего и отличного вкуса. Содержание сухого вещества – 11,5–12,3%, вкус – 4,7–4,9 балла. Среднепоздний. Период от всходов до созревания – 95–100 дней. (рис. 2)

КРЛ 656. Растения компактно-кустовые (0,9–1,1 м), листья среднерассеченные, гофрированные, плоды шаровидные и округло-овальные, наподобие американского сорта ‘Канадский ранний’, массой 4,4–6,1 кг, светлокорые со светло-зеленым (салатным) фоном и рисунком в виде сетчатых полос. Кора – 1,0–1,5 см, прочная. Мякоть ярко-розовая, ближе к малиновой, зернистой и нежно-зернистой консистенции хорошего и отличного вкуса. Содержание сухого вещества – 11,2–11,6%, вкус – 4,5–4,8 балла. Раннеспелый. Период от всходов до созревания – 70–75 дней.



Рис. 2. Линия арбуза КРЛ 694 селекции Кубанской опытной станции ВИР
(авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 2. Watermelon line KRL 694 bred at the Kuban Experiment Station of VIR
(authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

КРЛ 652. Растения компактно-кустовые (0,8–1,0 м), образуют среднерассеченные, гофрированные листья. Плоды типа Раннего Кубани, округлые, массой 3,8–4,0 кг с зелеными средней ширины полосами на светло-зеленом фоне. Мякоть густо-розовая, волокнистая, хорошего и отличного вкуса. Содержание сухого вещества – 11–12%, вкус – 4,5 балла. Раннеспелый. Период от всходов до созревания – 68–73 дня.

КРЛ 376. Растения компактно-кустовые (0,9–1,2 м), листья слаборассеченные, гофрированные. Плоды удлиненно-овальной формы, с ярко выраженным полосатым рисунком, наподобие американского сорта 'Клондайк полосатый', массой 4,7–5,4 кг. Мякоть густо-розовая и малиновая, волокнистая, хорошего вкуса. Содержание сухого вещества – 10,8–11,0%, вкус – 4,0–4,5 балла. Среднеспелый. Период от всходов до созревания – 80–85 дней.

КРЛ 394. Растения компактно-кустовые (0,8–1,0 м), имеют слаборассеченные, гофрированные листья. Формируют округлые темнокорые плоды (типа 'Ольгинского') массой 3,5–5,2 кг. Мякоть малиновая, зернистая и нежно-волокнистая, хорошего и отличного вкуса (содержание сухого вещества – 11,6–12,4%, вкус – 4,5–4,8 балла). Среднеспелый. Период от всходов до созревания – 80–85 дней.

Кустовые цельнолистные линии (КЦЛ)

КЦЛ 760/13. Растения компактно-кустовые (0,7–1,0 м), образуют крупные, цельные, темно-зеленые, гофрированные листья. Плоды светлокорые, шаровидной и короткоовальной формы, светло-зеленой (салатной) окраски без рисунка, массой 2,8–4,5 кг. Мякоть абрикосовая, волокнистая и нежно-волокнистая, хорошего вкуса (содержание сухого вещества – 10,8–11,5%, вкус – 4,2–4,5 балла). Среднеспелый. Вегетационный период – 81–86 дней (рис. 3).



Рис. 3. Линия арбуза КЦЛ 760/13 селекции Кубанской опытной станции ВИР (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 3. Watermelon line KTsL 760/13 bred at the Kuban Experiment Station of VIR (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

Желто-зеленые кустовые рассеченнолистные (ЖЗКРЛ)

ЖЗКРЛ. Растения компактно-кустовые (0,8–1,0 м), с рассеченными, гофрированными, окрашенными в виде желто-зеленой мозаики листьями и желтокорыми плодами массой 2,7–4,8 кг, придающие растениям декоративный характер. Мякоть густо-розовая и ярко-малиновая, волокнистая и зернистая, хорошего и отличного вкуса (содержание сухого вещества – 10,5–11,8%, вкус – 4,2–4,5 балла). Среднеспелый. Период от всходов до созревания – 80–85 дней. (рис. 4).



Рис. 4. Линия арбуза ЖЗКРЛ селекции Кубанской опытной станции ВИР (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 4. Watermelon line ZhZKRL bred at the Kuban Experiment Station of VIR (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

Короткоплетистые (КПЛ)

КПЛ 368. Короткоплетистая (1,3–1,5 м) форма типа сорта 'Мелитопольский'. Плоды округло-овальной формы, с ясно выраженными средней ширины шиповатыми темно-зелеными полосами, мякоть густо-розовая и малиновая, зернистая, очень хорошего вкуса (содержание сухого вещества – 11–11,4%, вкус – 4,5–4,7 балла). Среднеспелый. Вегетационный период – 85–90 дней. (рис. 5).



Рис. 5. Линия арбуза КПЛ 368 селекции Кубанской опытной станции ВИР (авторы: Г. А. Теханович, А. Г. Елацкова, Ю. А. Елацков; фото А. Г. Елацковой)

Fig. 5. Watermelon line KPL 368 bred at the Kuban Experiment Station of VIR (authors: G. A. Tekhanovich, A. G. Elatskova, Yu. A. Elatskov; photo: A. G. Elatskova)

КПЛ 774. Растения короткоплетистые (1,3–1,5 м), образуют шаровидные и округло-овальной формы плоды с ярко-зелеными полосами на светло-зеленом фоне (типа 'Кримсон свит'), массой 6,2–7,8 кг. Мякоть малиновая и карминная, зернистая и нежноволокнистая, хорошего и отличного вкуса (содержание сухого вещества – 11,1–12,8%, вкус – 4,5–4,9 балла). Среднеспелый, вегетационный период – 80–85 дней.

Таким образом, выделенные кустовые (0,8–1,2 м) и короткоплетистые (1,3–1,5 м) линии представляют собой ценный исходный материал для селекции новых сортов и улучшения существующих. Кустовые морфотипы растений характеризуются очень короткими (2–3 см) междоузлиями. Короткоплетистые растения в ранний период развития отчетливо выделяются компактным кустом по сравнению с длинноплетистыми. Короткоплетистость обусловлена короткими междоузлиями (4–5 см) и меньшим числом боковых побегов.

Заключение

В результате многолетнего полевого изучения коллекции арбуза выделены перспективные генетические источники для селекции кустовых и короткоплетистых сортов: кустовые рассеченнолистные линии (КРЛ) – КРЛ 694, КРЛ 656, КРЛ 376, КРЛ 394; кустовые цельнолистные линии (КЦЛ) – КЦЛ 760/13; желто-зеленые кустовые рассеченнолистные (ЖЗКРЛ); короткоплетистые линии арбуза (КПЛ) – КПЛ 774, КПЛ 368. Созданные линии различаются по морфобиологическим и хозяйственно полезным признакам (продуктивность, качество плодов, длина вегетационного периода). Обладают устойчивостью к болезням (фузариозное увядание, антракноз), стрессовым условиям среды. Линии предлагаются для использования в селекции новых кустовых и короткоплетистых сортов и улучшения существующих с разным сочетанием морфобиологических и хозяйственных признаков. Приведено краткое описание основных хозяйственно ценных признаков селекционных линий.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно 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

Breeding of cucurbitaceous crops (Methodological guidelines) (Selektsiya bakhchevykh kultur [Metodicheskiye ukazaniya]). Leningrad; 1988. [in Russian] (Селекция бахчевых культур (Методические указания). Л.: 1988).

Dyutin K.E., Afanasyeva E.A. Inheritance of the short vine trait in watermelon (Nasledovaniye korotkopletistosti u arbuza). *Cytology and Genetics*. 1987;21(3);227-229. [in Russian] (Дютин К.Е., Афанасьева Э.А. Наследование короткоплетистости у арбуза. *Цитология и генетика*. 1987;21(3);227-229).

Elatskov Yu.A. Expanding the genetic diversity preserved in the watermelon collection for various breeding purposes (Rasshireniye geneticheskogo raznoobraziya kollektsii arbuza dlya razlichnykh napravleniy selektsii). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2012;170:236-240. [in Russian] (Елацков Ю.А. Расширение генетического разнообразия коллекции арбуза для различных направлений селекции. *Труды по прикладной. ботанике, генетике и селекции*. 2012;170:236-240).

Elatskov Yu.A., Elatskova A.G. Creating genetic sources of watermelon and their use in breeding. In: *The IV International Vavilov Conference 'N.I. Vavilov's Ideas in the Modern World'*. St. Petersburg: VIR; 2017; p.247. [in Russian] (Елацков Ю.А., Елацкова А.Г. Создание генетических источников арбуза и их использование в селекции. В сб.: IV Вавиловская международная конференция "Идеи Н.И. Вавилова в современном мире". Санкт-Петербург: ВИР; 2017. С.247).

Filov A.I. Bushy forms of the Cucurbitaceae plants (Kustovye formy tykvennykh rasteniy). *Bulletin of VIR*. 1957;3:39-41. [in Russian] (Филов А.И. Кустовые формы тыквенных растений. *Бюллетень ВИР*. 1957;3:39-41).

Filov A.I. Cucurbitaceous crop farming (Bakhchevodstvo). Moscow: Kolos; 1969. [in Russian] (Филов А.И. Бахчеводство. М.: Колос; 1969).

Fursa T.B. Genetics of watermelon (Genetika arbuza). In: *Genetics of cultivated plants: grain legumes, vegetables, cucurbits* (*Genetika kulturnykh rasteniy: zernobobovye, ovoshchnye, bakhchevye*). Leningrad; 1990. [in Russian] (Фурса Т.Б. Генетика арбуза. В сб: *Генетика культурных растений: зернобобовые, овощные, бахчевые*. Л.; 1990).

Fursa T.B., Filov A.I. Cucurbits (watermelon, pumpkin) (Tykvennye [arbuz, tykva]). In: Korovina O.N. (ed.). *Cultivated Flora of the USSR* (*Kulturnaya flora SSSR*); Vol. XXI; Moscow: Kolos; 1982; p.145-261. [in Russian] (Фурса Т.Б., Филов А.И. Тыквенные [арбуз, тыква] / под ред. Коровиной О.Н. В сер.: *Культурная флора СССР*; Т. XXI; М.: Колос; 1982. С.145-261).

Goldgauzen M.K. Interspecific hybridization of watermelons (Mezhvidovaya gibridizatsiya arbuzov). *Reports of Moldavian Research Institute of Irrigated Agriculture and Vegetable Growing*. 1959;1:131-156. [in Russian] (Гольдгаузен М.К. Межвидовая гибридизация арбузов. *Труды Молдавского НИИ орошаемого земледелия и овощеводства*. 1959;1:131-156).

Mohr H.C. Utilization of the genetic character for short-internode in improvement of the watermelon. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci*. 1963;82:454-459.

Pangalo K.I. Breeding of cucurbitaceous crops (Selektsiya bakhchevykh kultur). In: *Theoretical Principles of Plant Breeding* (*Teoreticheskiye osnovy selektsii*); Vol. 3; Moscow ; Leningrad; 1937; p.135-194. [in Russian] (Пангало К.И. Селекция бахчевых культур. В кн.: *Теоретические основы селекции растений*; Т. 3; М.; Л.; 1937; с.135-194).

Studying and maintenance of the cucurbitaceous crop collection: Methodological guidelines (Izucheniye i podderzhaniye kollektsii bakhchevykh kultur. Leningrad: VIR; 1988. [in Russian] (Изучение и поддержание коллекции бахчевых культур: Методические указания. Л.: ВИР; 1988).

Tekhanovich G.A., Elatskova A.G., Elatskov Yu.A. New sources of the genetic collection of cucurbitaceous crops (Novye

istochniki geneticheskoy kollektsii bakhchevykh kultur). In: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii). Krasnodar; 2016; p.198-203. [in Russian] (Теханович Г.А., Елацкова А.Г., Елацков Ю.А. Новые источники генетической коллекции бахчевых культур. В сб.: *Материалы Международной научно-практической конференции*. Краснодар; 2016; с.198-203).

Tekhanovich G.A., Fursa T.B. Promising hybrids of bushy watermelon forms (Perspektivnye gibridy kustovykh form arbuza). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1986;101:38. [in Russian] (Теханович Г.А., Фурса Т.Б. Перспективные гибриды кустовых форм арбуза. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1986;101:38).

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
Теханович Г.А., Елацкова А.Г., Елацков Ю.А. Генетические источники для селекции кустовых и короткоплетистых сортов арбуза. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):89-94. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-89-94

Tekhanovich G.A., Elatskova A.G., Elatskov Yu.A. Genetic sources for breeding bushy and short-vine watermelon cultivars. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):-89-94. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-89-94

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 иформация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-89-94

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТЬЕВ И ПЛОДОВ MALOIDEAE (ROSACEAE): *б*. РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТКАНЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-95-101
УДК 581.821:581:47:582.734.3
Поступление/Received: 24.01.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Т. Х. КУМАХОВА[*1], О. О. БЕЛОШАПКИНА[1], А. С. ВОРОНКОВ[2], А. С. РЯБЧЕНКО[3]

*[*1]Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К. А. Тимирязева, 127550 Россия, г.Москва, ул.Тимирязевская, 49;*
tkumachova@yandex.ru

[2]Институт физиологии растений имени К. А. Тимирязева РАН, 127276 Россия, г.Москва, ул. Ботаническая, 35;
voronkov_as@mail.ru

[3]Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина РАН, 127276 Россия, г.Москва, ул. Ботаническая, 4
marchellos@yandex.ru

MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF LEAVES AND FRUITS IN MALOIDEAE (ROSACEAE): *b*. THE ROLE OF SURFACE TISSUES IN THE FORMATION OF RESISTANCE TO FUNGAL DISEASES

T. KH. KUMACHOVA[*1], O. O. BELOSHAPKINA[1], A. S. VORONKOV[2], A. S. RYABCHENKO[3]

*[*1]Russian State Agrarian university–Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Street, Moscow, 127550, Russia;*
tkumachova@yandex.ru

[2]Timiryazev Institute of Plant Physiology, 35 Botanicheskaya Street, Moscow 127276, Russia;
voronkov_as@mail.ru

[3]N. V. Tsitsin Main Botanical Garden, 4 Botanicheskaya Street, Moscow, 127276, Russia;
marchellos@yandex.ru

Актуальность. Устойчивость растений к воздействию биотических стрессоров определяет комплекс факторов. Зачастую среди них ведущую защитную роль отводят физиолого-биохимическим особенностям поверхностных тканей. Однако нельзя не принимать во внимание специфику микроструктурной организации поверхности растений, поскольку характер взаимодействия фитопатогенных организмов более сложен, чем химическое воздействие. Накопленный к настоящему времени материал по строению поверхностных тканей вегетативных и репродуктивных органов растений, а также об интерфейсе микобиоты носит фрагментарный характер. **Объект.** Для исследования были выбраны зрелые листья и плоды представителей подсемейства Maloideae Werber (*Malus domestica* Borkh., *Pyrus communis* L., *Cydonia oblonga* Mill. и *Mespilus germanica* L.). **Материал и методы.** Образцы для исследований отбирали из средней части кроны модельных деревьев в 3-кратной повторности. В последние годы метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием криофиксации считают наиболее перспективным для анализа поверхности биологических объектов и идентификации видов, что особенно информативно для объектов, имеющих сложную микроморфологию поверхности, а также для изучения биоразнообразия патогенов. В работе мы сочетали методы световой, электронной (СЭМ, ТЭМ) и конфокальной микроскопии. Образцы изучали также фитопатологическими и гистохимическими методами. Конденсированные полифенолы выявляли $K_2Cr_2O_7$ и $FeCl_3$, а также 4-(Dimethylamino)cinnamaldehyde (DMACA, Sigma-Aldrich). **Результаты.** На основании полученных материалов и литературных данных сделан обзор грибных болезней листьев и плодов *M. domestica*, *P. communis*, *C. oblonga*, *M. germanica*. Установлено, что общей особенностью плодов Maloideae является накопление в клетках наружных тканей перикарпия конденсированных полифенолов, играющих важную защитную роль при воздействии биотических стрессоров. К анатомо-морфологическим признакам пассивного иммунитета, или горизонтальной устойчивости к грибным патогенам можно отнести специфику восковых и кутикулярных отложений, особенности формирования кутикулярных складок и перистоматических колец в области устьиц и микротяжей в основании трихом, толщину кутикулы, пробковой ткани и формирование чечевичек на плодах. **Заключение.** У изученных модельных растений имеется достаточно большой спектр болезней разной этиологии, наиболее распространенными и вредоносными из которых являются микозы. При этом их устойчивость к поражению грибными патогенами коррелирует со спецификой организации микроструктуры поверхности листьев и плодов, а также содержанием веществ фенольной природы (полифенолов) в клетках поверхностных тканей перикарпия.

Ключевые слова: айва, груша, мушмула, яблоня, патогенные грибы, устойчивость, эпидерма, гиподерма, полифенолы.

Background. Resistance to the effects of plant biotic stressors is determined by a set of factors. Among them, the leading protective role is often assigned to the physiological and biochemical characteristics of the surface tissues. However, one cannot ignore the specificity of the microstructural organization of the plant surface, since the nature of interactions in phytopathogenic organisms is more complex than the chemical impact. Meanwhile, the information accumulated to date about the structure of the surface tissues of the vegetative and reproductive organs of plants, and the interface of mycobiota, is fragmentary. **Objective.** Mature leaves and fruits taken from representatives of the subfamily Maloideae Werber (*Malus domestica* Borkh., *Pyrus communis* L., *Cydonia oblonga* Mill. and *Mespilus germanica* L.) were selected for the study. **Materials and methods.** Samples for the research were taken from the middle part of the crown of model trees in 3 replications. In recent years, scanning electron microscopy (SEM) with cryofixation is considered the most promising technique and is used to analyze the surface of biological organisms and identification of species. It is particularly informative in the case of organisms with complex surface micromorphology and for studying the biodiversity of pathogens. However, in this work we combined the methods of light, electron (SEM, TEM) and confocal microscopy. The samples were also studied using phytopathological and histochemical techniques. Condensed polyphenols were detected using $K_2Cr_2O_7$ and $FeCl_3$ as well as 4-(Dimethylamino)cinnamaldehyde (DMACA, Sigma-Aldrich). **Results.** On the basis of the obtained phytopathological materials and published data an overview of fungal diseases afflicting leaves and fruits of *M. domestica*, *P. communis*, *C. oblonga* and *M. germanica* was made. It has been established that a common feature of the Maloideae fruits is the accumulation of condensed polyphenols, which play an important protective role against biotic stressors, in the cells of the pericarp's outer tissues. Anatomical and morphological characteristics of passive immunity, or horizontal resistance to fungal pathogens, include the specific nature of waxy and cuticular deposits, features of the formation of cuticular folds and peristomatic rings in the stomata area and microstrands at the base of trichomes, thickness of the cuticle and cork tissue, and the development of lenticels on fruits. **Conclusion**. The studied model plants suffer from a sufficiently wide range of diseases with different etiologies; among them, the most widespread and harmful are mycoses. In view of this, their resistance to fungal pathogens correlates with the specificity of the leaf and fruit surface microstructure and the content of phenolic substances (polyphenols) in the cells of the pericarp's surface tissues.

Key words: quince, pear, medlar, apple-tree, pathogenic fungi, resistance, epidermis, hypoderm, polyphenols.

Введение

На первых этапах патологического процесса важное значение имеют морфофункциональные особенности поверхностных тканей, особенно физиолого-биохимические параметры. К химическим факторам пассивного иммунитета относят содержание или отсутствие в растениях веществ, необходимых для жизнедеятельности патогена, а также наличие соединений, угнетающе действующих на него (фитонцидов, или фитоантиципинов). Ведущая роль в образовании последних принадлежит синтезу и динамике различных соединений фенольной природы (от относительно простых фенолов до сложных полифенольных композитов), токсичных для многих фитопатогенных грибов (Upadyshev, 2008). Показано, что фитонцидное действие растений на специализированных к ним паразитов, как правило, выражено слабее, чем на неспециализированных. При этом фитонцидная активность может сильно варьировать в зависимости от сорта и возраста растения, а также от времени суток, фазы развития, погодных условий и других факторов.

Фенольные соединения, обладающие антиоксидантной активностью, присутствуют в тканях растений в качестве предшественников лигнина и других сложных флавоноидов (полифенолов), выполняющих различные функции. Они входят в состав регуляторов роста, пигментов, структурных элементов клеточной стенки. Фенолы являются стрессовыми метаболитами, синтез которых резко возрастает при поранении или заражении патогенами (Shkalikov et al., 2005; Upadyshev, 2008). В связи с высокой ингибирующей активностью и потенциальной ценностью в качестве пищевых продуктов, бифлавоноиды могут быть перспективными кандидатами на роль ингибиторов афлатоксиногенеза (Mabrouk, Shayeb, 1992; De Luca et al., 1995; Goncalez et al., 2001). Несмотря на имеющиеся сведения по биологии и пораженности болезнями многих плодовых представителей Maloideae, до сих пор не предпринято попыток комплексного изучения механизмов формирования устойчивости. *Целью данной работы* было проведение гистохимических и физиолого-биохимических исследований особенностей поверхностных тканей листьев и плодов *Malus domestica* Borkh., *Pyrus communis* L., *Cydonia oblonga* Mill., *Mespilus germanica* L. и оценка этих показателей в качестве возможных факторов устойчивости к фитопатогенным грибам.

Объект и методы исследования

Объектами исследования были зрелые листья и плоды разных сортов яблони (*M. domestica*), груши (*P. communis*), айвы обыкновенной (*C. oblonga*) и дикорастущей мушмулы германской (*M. germanica*), произрастающих на Северном Кавказе в горных биоагроценозах и на частных участках. Образцы отбирали из средней части кроны модельных деревьев в 3-кратной повторности.

Гистохимические исследования плодов проводили на микроскопе AxioImager D1 (Carl Zeiss, Германия). Срезы толщиной 50 мкм изготавливали с помощью микротома с вибрирующим лезвием (Thermo Scientific, Microm HM 650V). Для выявления конденсированных полифенолов срезы обрабатывали бихроматом калия ($K_2Cr_2O_7$) и хлоридом железа ($FeCl_3$) (Marin et al., 2010; Kumachova et al., 2018), а также 4-(Dimethylamino)cinnamaldehyde (DMACA, Sigma-Aldrich) (Brillouet, Escoute, 2012). Микрофотографии были получены с помощью камеры AxioCamMRc (Carl Zeiss, Германия), изображения обрабатывали с помощью программы ZEN lite 2012 (Carl Zeiss, Германия).

Для исследований с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) – LEO-1430VP (Carl Zeiss) фрагменты (1 $см^2$) живых листьев вырезали из средней части между главной жилкой и краем пластинки, помещали на столик замораживающей приставки Deben CoolStage, охлаждали до –30°С и изучали в режиме высокого вакуума.

Визуализацию полифенолов в клетках поверхностных тканей плодов проводили с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ) JEM-1400 (Япония). Подготовку материала осуществляли по модифицированной ранее методике (Kumachova, Melikyan, 1989). Образцы фиксировали глутаровым альдегидом (на 0,1 М-фосфатном буфере с pH = 7,2) и 1% раствором четырехокиси осмия, затем обезвоживали в серии спиртов и ацетонов возрастающей концентрации и заливали в EPON 812. Ультратонкие срезы изготовляли на ультрамикротоме LKB-III-8801A. Срезы контрастировали 2-процентным водным раствором уранилацетата (37°С) и цитратом свинца по Рейнольдсу (Uikli, 1975). Микрографии ТЭМ обрабатывали в программе CorelDRAWx6.

Автофлуоресценцию поверхностных структур и микобиоты исследовали с использованием конфокального микроскопа Olympus FV1000D при возбуждении светом с длиной волны 405, 473, 560 нм.

Для идентификации возбудителей заболеваний использовали методы влажной камеры, микробиологический с выделением патогенов на универсальную искусственную питательную среду (картофельно-глюкозный и овсяный агар) с последующим микроскопированием (Bagirova et al., 2012).

Результаты и обсуждение

Проведенный сравнительный анализ видового состава возбудителей микозов у представителей подсемейства Maloideae Werber (Rosaceae Juss.): *M. domestica*, *P. communis*, *C. oblonga* и *M. germanica* показал их разную поражаемость как узкоспециализированными облигатными патогенами, так и относящимися к группе факультативных паразитов и факультативных сапротрофов. При этом степень поражения растений патогенами (рис. 1, *а–г*) зависела от сортовых особенностей и условий произрастания растений.

По нашим наблюдениям, на первых этапах патологического процесса морфофункциональные особенности поверхностных тканей имеют важное значение. Так, СЭМ-скрининг поверхности эпидермы адаксиальной и абаксиальной сторон листовой пластинки позволил выявить роль организации поверхностных структур, определяющих возможности и пути проникновения патогенных грибов. Это касается прежде всего толщины кутикулы и микроморфологии кутикулярных складок, особенно в области устьиц и оснований трихом. На СЭМ-микрографиях хорошо видны степень зараженности и характер распространения гиф фитопатогенных грибов на наиболее чувствительной абаксиальной сторо-

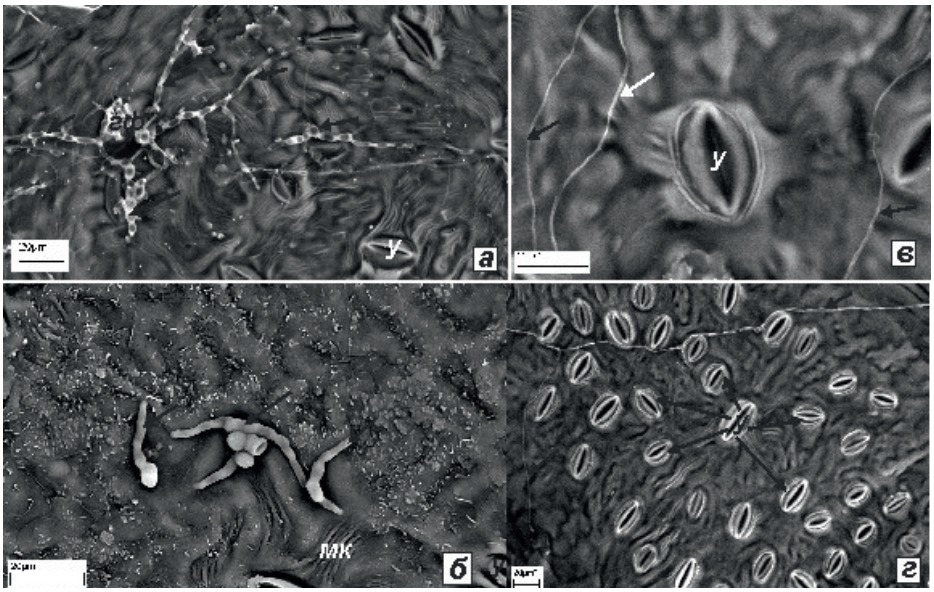


Рис. 1. Фрагменты абаксиальной поверхности листьев Maloideae (Rosaceae) в СЭМ: *а* – скопление гиф гриба в области устьиц **(*Malus domestica* Borkh.); *б*** – участок с гифами гриба на стадии прорастания **(*Pyrus communis* L.); *в*** – участок поверхности с тонкими гифами гриба (3 шт. на срез), устьицем с перистоматическими кольцами и микротяжами **(*Cydonia oblonga* Mill.); *г*** – участок с многочисленными устьицами и единичные гифы гриба (1–2 шт. на срез) **(*Mespilus germanica* L.).**
Обозначения: ***гф* –** гифы гриба, ***мк* –** микротяжи, ***у* –** устьица.
Стрелкой показаны гифы гриба

Fig. 1. Abaxial leaf surface fragments of Maloideae (Rosaceae) under SEM: *а* – accumulation of hyphae around the stomata **(*Malus domestica* Borkh.); *б*** – a fragment with hyphae in the stage of germination **(*Pyrus communis* L.); *в*** – a fragment of the surface with thin hyphae of the fungus (3 pcs per cut) and a stoma with peristomatic rings and microstrands **(*Cydonia oblonga* Mill.); *г*** – a fragment with numerous stomata and sporadic hyphae (1–2 pcs per cut) **(*Mespilus germanica* L.).**
Keys: ***гф* –** hyphae of the fungus, ***мк* –** microstrands, ***у* –** stomata.
The arrow points to the hyphae of the fungus

не поверхности (см. рис. 1, *а–г*). СЭМ также выявил наиболее уязвимые места (тонкие части кутикулы, а также большее количество устьиц с открытыми щелями), через которые патогены проникают в клетки внутренних тканей. Наиболее устойчивыми к грибным болезням оказались *C. oblonga* и *M. germanica*, в отличие от *M. domestica* и *P. communis* (см. рис. 1, *в*, *г*), поражаемость которых патогенами довольно высокая. На отдельных участках поверхности листьев *M. domestica* наблюдаются довольно крупные скопления гиф гриба, особенно в области устьичных щелей (см. рис. 1, *а*), в отличие от *C. oblonga* и *M. germanica*. Для устьиц последних характерно наличие перистоматических колец и валиков (см. рис. 1, *в*, *г*). В некоторых случаях у яблони наблюдаются картины прорастания конидий гриба через устьичную щель (см. рис. 1, *а*). У *P. communis* проникновение патогенов внутрь клеток листа происходит другим путем – через более тонкие участки кутикулы, не покрытые восковыми отложениями (см. рис. 1, *б*).

Кутикулярной природы микрорельеф поверхностных тканей может способствовать или не способствовать задержанию влаги, необходимой для прорастания конидий фитопатогенных грибов. В крупных ячейках и кутикулярных складках накапливается значительно больше влаги, чем в мелких, и сохраняется она там дольше (Kochetova, Kochetov, 1982). По другой гипотезе, большая высота кутикулярных складок изменяет характер смачиваемости поверхности листьев (Sitte et al., 2007). Водяные капли вследствие высокого поверхностного натяжения касаются только верхних кромок кутикулярных гребней и поэтому легко скатываются с эпидермы. Можно предположить, что при этом происходит сдувание воздушными потоками и смывание дождем спор (конидий) фитопатогенных грибов, имеющих округлую форму, из-за чего они не могут прочно удержаться на складках кутикулы. Возможно, характер поверхности листьев *C. oblonga* и, в несколько меньшей степени, *M. germanica* способствует повышенной устойчивости к грибным патогенам.

В отличие от других представителей подсемейства, высокая устойчивость плодов *M. germanica* к поражению различными грибными болезнями в период вегетации во многом объясняется наличием в составе наружных тканей околоплодника очень плотно расположенных толстостенных клеток с суберинизированными стенками, которые также значительно ограничивают проникновение и локализацию патогенов в тканях растения-хозяина (рис. 2, *а–г*). Следует отметить, что у *M. germanica* к числу барьеров от грибных болезней можно отнести увеличение синтеза в клетках поверхностных тканей суберина, который обладает повышенной устойчивостью к воздействию патогенов (Beloshapkina et al., 2018). Именно за счет сильной суберинизации клеточных стенок у плодов этих растений значительно повышается прочность «кожицы» околоплодника. По данным литературы (Upadyshev, 2008), образование суберинизированных тканей стимулируется ортодигидрофенолами, а антигрибной активностью обладают также фенольные эфиры эпикутикулярного воска. Кроме того, ткани растений, в которых происходит интенсивная акку-

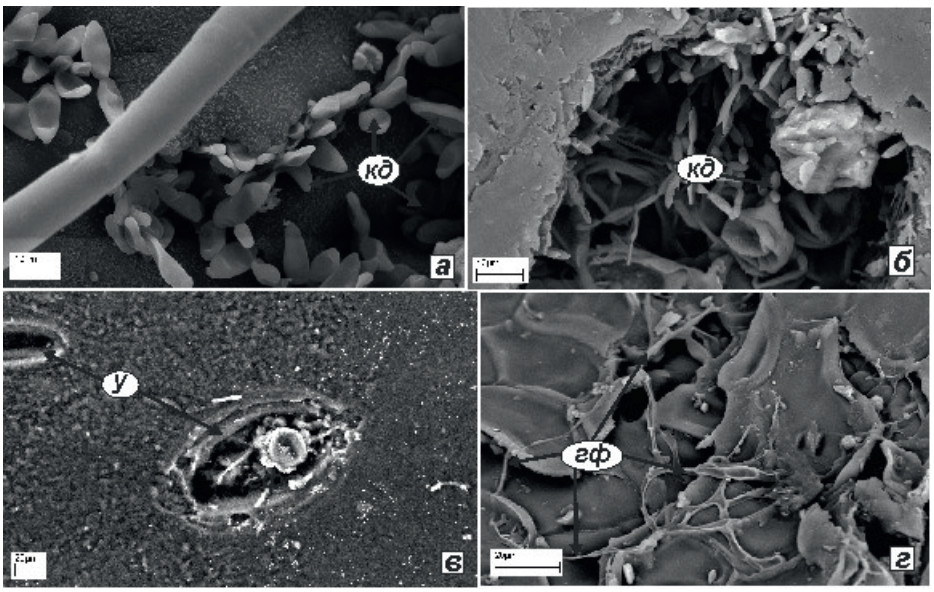


Рис. 2. Фрагменты поверхности плодов Maloideae (Rosaceae) в СЭМ: а – микротрещины с многочисленными конидиями гриба **(*Malus domestica* Borkh.); б** – чечевичка с многочисленными конидиями **(*Pyrus communis* L.); в** – устьица с единичными гифами гриба (1–2 шт. на срез) в устьичной щели **(*Cydonia oblonga* Mill.); г** – участок плотно расположенных наружных толстостенных клеток с суберинизированными стенками **(*Mespilus germanica* L.)**
Обозначения: **гф** – гифы гриба, **кд** – конидии, **у** – устьица. Стрелкой показаны конидии и гифы гриба

Fig. 2. Fruit surface fragments of Maloideae (Rosaceae) under SEM: а – microfissures with numerous conidia of the fungus **(*Malus domestica* Borkh.); б** – a lenticel with numerous conidia **(*Pyrus communis* L.); в** – stomata with sporadic hyphae (1–2 pcs per cut) in the stomatic cleft **(*Cydonia oblonga* Mill.); г** – a fragment of densely arranged outer cells with suberinized walls **(*Mespilus germanica* L.)**
Keys: **гф** – hyphae of the fungus, **кд** – conidia, **у** – stomata. The arrow points to the conidia and hyphae of the fungus

муляция суберина, лимитируют рост некоторых грибов (Shkalikov et al., 2005). Если учесть, что на поверхности плодов *M. germanica* нет сплошного кутикулярного покрова, безусловно, отсутствует и эпикутикулярный воск. Интенсивная суберинизация клеточных стенок поверхностных тканей и перманентно слущивающаяся поверхность плодов у *M. germanica*, вероятно, является компенсаторной этим барьерным структурам (см. рис. 2, *г*). Как видно на СЭМ-микрографиях, полость чечевички плода *P. communis* полностью забита многочисленными конидиями (см. рис. 2, *б*). В данной работе приведены только СЭМ-микрографии ультраскульптуры поверхности плода *M. domestica* (см. рис. 2, *а*), поскольку описание деталей тонкого строения и микобиоты имеются в более ранних работах (Kumachova et al., 2014; Beloshapkina et al., 2014). Наибольшее внимание уделено описанию и обсуждению *C. oblonga* и *M. germanica* как менее изученным представителям Maloideae. Таким образом, наиболее доступными структурными путями проникновения патогенных грибов в ткани листьев и плодов Maloideae являются устьица и чечевички, а также основания отпавших волосков и микротрещины. Хотя устьица на плодах

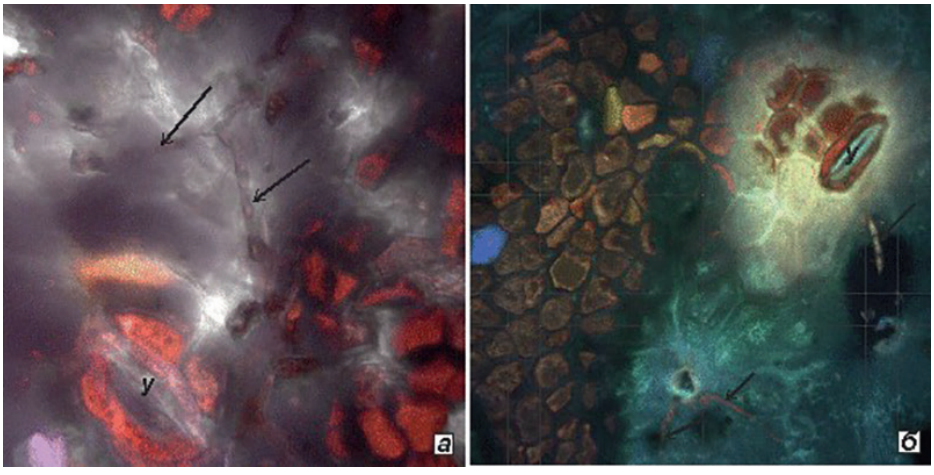


Рис. 3. Поверхность плодов Maloideae (Rosaceae) в конфокальном микроскопе:
***а, б* – *Cydonia oblonga* Mill.; *в* – *Mespilus germanica* L.**
Обозначения: **у –** устьице. Стрелкой показаны гифы гриба. Увеличение: × 400

Fig. 3. Fruit surface of Maloideae (Rosaceae) under a confocal microscope:
***а, б* – *Cydonia oblonga* Mill.; *в* – *Mespilus germanica* L.**
Keys: ***у* –** a stoma. The arrow points to the hyphae of the fungus. Magnified × 400

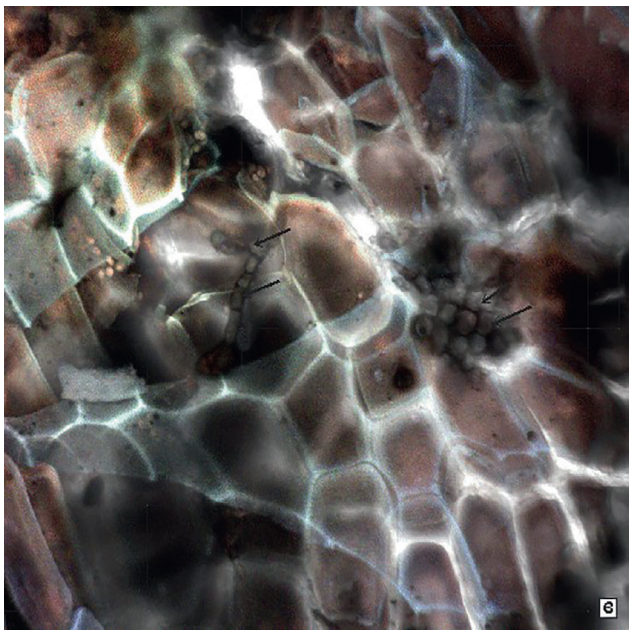


Рис. 3. (продолжение)

C. oblonga значительно крупнее и многочисленнее (см. рис. 2, *в*), чем у других культур, плоды ее реже бывают поражены микозами, возможно, из-за того, что некоторые газообразные соединения, находящиеся непосредственно в подустьичной полости, являются токсичными для возбудителей болезней.

Поверхность плодов *C. oblonga* и *M. germanica* изучена методом конфокальной микроскопии (рис. 3, *а–в*). У *C. oblonga* гифы и конидии патогенных грибов были выявлены в области устьиц и основании опавших волосков (см. рис. 3, *а*, *б*), а у *M. germanica* – на поверхности слущивающихся клеток (см. рис. 3, *в*). При этом гифальные клеточные стенки обладали интенсивной автофлуоресценцией.

В результате гистохимического анализа поверхностных тканей околоплодника показано, что общей особенностью плодов Maloideae является накопление конденсированных полифенолов. Эти соединения хорошо визуализируются $K_2Cr_2O_7$ и $FeCl_3$, а также DMACA на поперечных срезах околоплодника (рис. 4). При наличии в клетках полифенолов образцы становились насыщенного темно-коричневато-буроватого и синего цветов (соответственно). Контрольные клетки, не содержащие конденсированных полифенолов в достаточном количестве, после окрашивания имели бледно-коричневый оттенок. При этом клетки эпидермы содержали большую часть конденсированных полифенолов, что является одним из факторов полевой (горизонтальной) устойчивости к фитопатогенным грибам. В глубже лежащих слоях клеток околоплодника, в особенности гиподермы, ко-

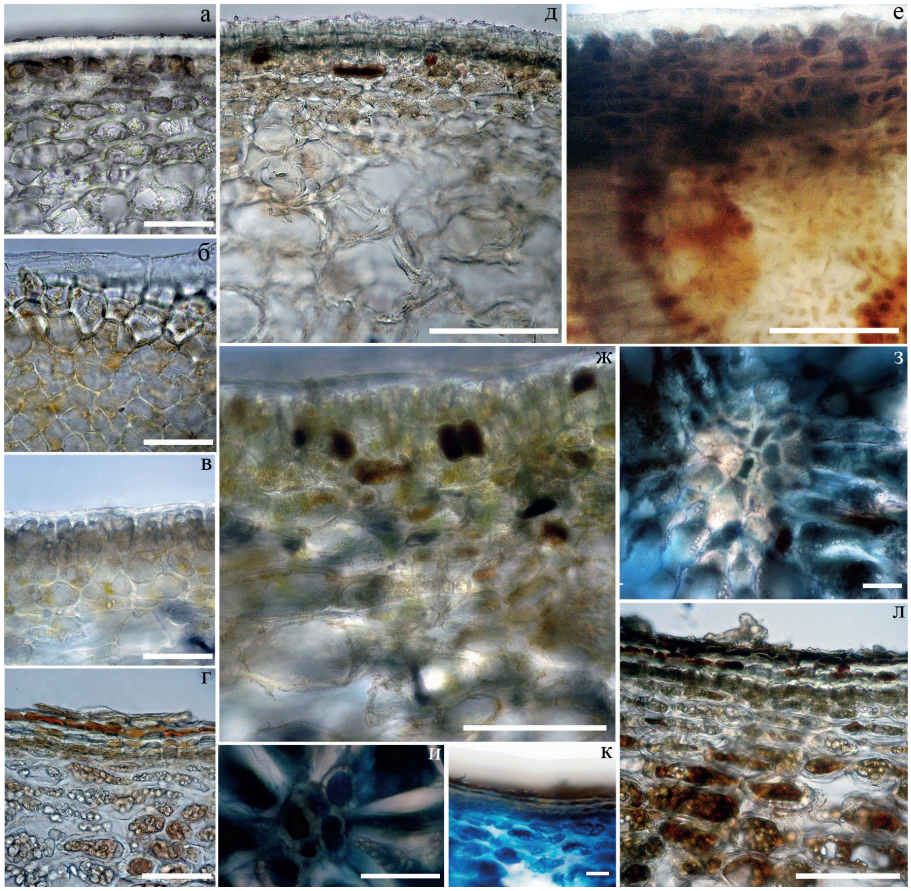


Рис. 4. Микрофотографии гистохимического анализа околоплодников Maloideae (Rosaceae): а–г – неокрашенные срезы ***Malus*** **Mill. (а),** ***Pyrus*** **L. (*б*),** ***Cydonia*** **Mill. (в),** ***Mespilus*** **L. (г); д–ж, л –** окрашенные $K_2Cr_2O_7$ срезы ***Malus*** **(д),** ***Pyrus*** **(е),** ***Cydonia*** **(ж),** ***Mespilus*** **(л); з–к –** визуализированные DMACA проантоцианиды в склереидах ***Pyrus*** **(з),** ***Cydonia*** **(*и*),** ***Mespilus*** **(к)**

Fig. 4. Microphotographs of the histochemical analysis of pericarps from Maloideae (Rosaceae): а–г – unstained cuts of ***Malus*** **Mill. (а),** ***Pyrus*** **L. (*б*),** ***Cydonia*** **Mill. (в), and** ***Mespilus*** **L. (г); д–ж, л** – $K_2Cr_2O_7$-stained cuts of ***Malus*** **(д),** ***Pyrus*** **(е),** ***Cydonia*** **(ж), and** ***Mespilus*** **(л); з–к –** proanthocyanidins visualized with DMACA in the sclereids of ***Pyrus*** **(з),** ***Cydonia*** **(*и*), and** ***Mespilus*** **(к)**

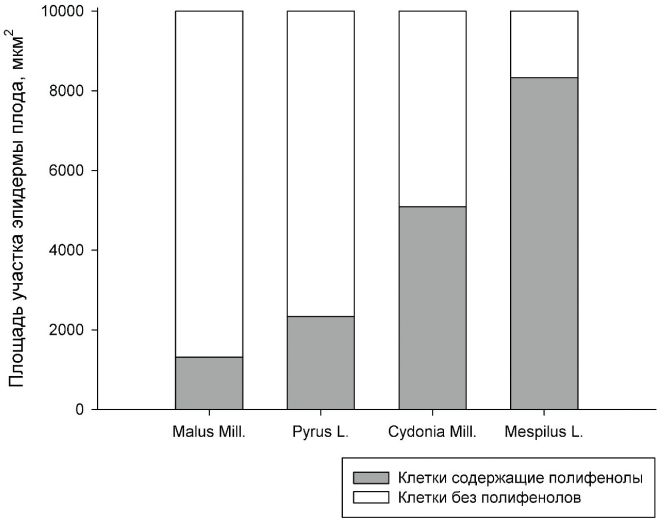


Рис. 5. Специфика накопления полифенолов в клетках эпидермы плодов Maloideae (Rosaceae)

Fig. 5. Specific nature of polyphenol accumulation in the cells of fruit epidermis in Maloideae (Rosaceae)

личество клеток с конденсированными полифенолами значительно меньше, чем в эпидерме (рис. 5). В эпидерме *M. domestica* этих веществ было менее 20% от общего числа клеток, чуть больше их у *P. communis*. В околоплоднике *C. oblonga* 50% клеток эпидермы содержали полифенолы, а у *M. germanica* – до 80%, причем на отдельных участках ткани они способны были образовывать сплошной слой. Известно, что проантоцианиды (конденсированные полифенолы) обладают ярко выраженными антиоксидантными и защитными (фунгицидными) свойствами. Следовательно, экранирование плода полифенолами может способствовать меньшей поражаемости плода микозами, а также устойчивости клетки к стрессу при повреждении ее структур грибами и их токсинами.

Наличие конденсированных полифенолов в клетках околоплодника Maloideae было выявлено и с помощью ТЭМ, поскольку в данном методе фиксация материала оксидом осмия (OsO_4) позволяет визуализировать комплексы белков с полифенолами в виде черного электронно-плотного материала (ЭПТ). У плодов *M. germanica* большинство клеток наружного слоя полностью забиты полифенолами, в отличие от *M. domestica*, *P. communis*, *C. oblonga* (рис. 6, *а*, *б*), у которых эти вещества сконцентрированы в виде отдельных крупных образований или сплошным слоем на тонопласте.

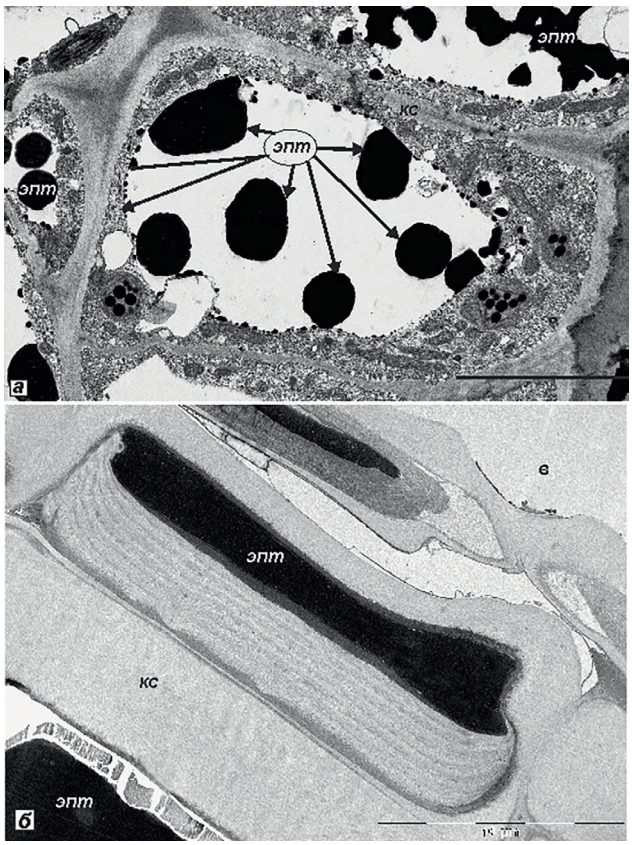


Рис. 6. Фрагменты клеток поверхностных тканей околоплодника Maloideae (Rosaceae) в ТЭМ: *а* – наружные клетки с полифенолами в виде крупных, отдельных, электронно-плотных образований – танноглобул **(*Malus domestica* Mill.); *б*** – наружные клетки с толстыми суберинизированными стенками, полностью заполненные электронно-плотным материалом – полифенолами **(*Mespilus germanica* L.)** Обозначения: ***в*** – вакуоль, ***кс*** – клеточная стенка, ***эпт*** – электронно-плотный материал

Fig. 6. Surface tissue cell fragments in the pericarp of Maloideae (Rosaceae) under TEM: *a* – outer cells with polyphenols in the form of large sporadic electron-dense formations – tannoglobules **(*Malus domestica* Mill.); *б*** – outer cells with thick suberinized walls, completely filled with electron-dense material – polyphenols **(*Mespilus germanica* L.)** Keys: ***в*** – vacuole, ***кс*** – cell wall, ***эпт*** – electron-dense material

Заключение

На основании результатов фитопатологических, гистохимических и микроскопических исследований листьев и плодов Maloideae можно предположить, что в формировании функционального пассивного иммунитета значительная роль принадлежит поверхностным тканям, в частности эпидерме и гиподерме. При этом у изученных представителей *Malus domestica*, *Pyrus communis Mespilus germanica* и *Cydonia oblonga* содержание конденсированных полифенолов в эпидерме и гиподерме плодов было различным. Клетки эпидермы содержали бóльшую часть конденсированных полифенолов, являющихся одним из химических факторов полевой (горизонтальной) устойчивости к фитопатогенным грибам. Исключением были плоды груши (*Pyrus communis*), у которых в среднем на 10% было больше клеток с полифенолами в гиподерме. По нашему мнению, установленные родоспецифичные микроструктурные и функциональные особенности поверхностных тканей определяют разную степень детерминирования пассивного иммунитета к микозам внутри подсемейства Maloideae. Сведения о взаимосвязи функционального состояния поверхностных тканей и пораженности грибными патогенами могут быть полезны для селекционных работ по выведению наиболее устойчивых к микозам сортов плодовых культур. Выявленные закономерности распределения фитопатогенных грибов на листьях и плодах, а также путей их проникновения во внутренние ткани позволяют связать морфофункциональные особенности поверхностных тканей с поражаемостью

болезнями и частично объяснить механизм формирования устойчивости представителей Maloideae к биотическим стрессорам.

References/Литература

Bagirova S.F., Dzavakhiya V.G., Dyakov Yu.T. et al. Fundamental phytopathology (Fundamentalnaya fitopatologiya). Moscow; 2012. [in Russian] (Багирова С.Ф., Джавахия В.Г., Дьяков Ю.Т. и др. Фундаментальная фитопатология. Москва; 2012).

Beloshapkina O. O., Kumachova T. Kh., Wahsheh I.N.N. Immunological assessment of apple varieties in terms of their scab resistance and its correlation with leaf and fruit microstructure. *Izvestia Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii = Transactions of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2014;4:52-62.

Beloshapkina O.O., Kumachova T.Kh., Voronkov A.S. Fungal diseases in quince and medlar, their connection with microstructural features of epidermal tissues (Gribnye bolezni ayvy i mushmuly, ikh vzaimosvyaz s mikrostrukturnymi osobennostyami pokrovnykh tkaney). *Problemy razvitiya APK regiona = Problems of Regional Agroindustrial Complex Development*. 2018;2(34):27-34 [in Russian] (Белошапкина О.О., Кумахова Т.Х., Воронков А.С. Грибные болезни айвы и мушмулы, их взаимосвязь с микроструктурными особенностями покровных тканей. *Проблемы развития АПК региона*. 2018;2(34):27-34). DOI: 10.15217/ISSN2079-0996.2018.2

Brillouet J.-M., Escoute J. A new technique for visualizing proanthocyanidins by light microscopy. *Biotechnic & Histochemistry*. 2012;87(3):195-200). DOI: 10.3109/10520295.2011.603703

De Luca C., Passi S., Fabbri A.A., Fanelli C. Ergosterol oxidation may be considered a signal for fungal growth and aflatoxin production in *Aspergillus parasiticus*. *Food Addit. Contam*. 1995;12(3)445-450. DOI: 10.1080/02652039509374328

Goncalez E., Felicio J.D., Pinto M.M. Biflavonoids inhibit the production of aflatoxin by *Aspergillus flavus*. *Brazil. J. Med. Biol. Res*. 2001;34(11):1453-1456.

Kochetova N.I., Kochetov Yu.V. Adaptive properties of plant surface (Adaptivnye svoystva poverkhnosti rasteniy). Moscow; 1982. [in Russian] (Кочетова Н.И., Кочетов Ю.В. Адаптивные свойства поверхности растений. М.; 1982).

Kumachova T.Kh., Beloshapkina O.O., Babosha A.V., Ryabchenko A.S. (Features of the ultrasculpture and mycobiota in apple fruit surface during maturation and storage (Osobennosti ultraskulptury i mikobioty poverkhnosti plodov yabloni pri sozrevanii i khranenii). *Izvestia Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii = Transactions of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2014;3:51-69. [in Russian] (Кумахова Т.Х., Белошапкина О.О., Бабоша А.В., Рябченко А.С. Особенности ультраскульптуры и микобиоты поверхности плодов яблони при созревании и хранении. *Известия ТСХА*. 2014;3:51-69).

Kumachova T.Kh., Melikyan A.P. Ultrastructure of the fruit cuticle in different apple-tree varieties of *Malus domestica* (Rosaceae) (Ultrastruktura kutikuly plodov rasnykh sortov yabloni *Malus domestica* [Rosaceae]). *Botanicheskii zhurnal = Botanical Journal*. 1989;74(3):328-332. [in Russian] (Кумахова Т.Х., Меликян А.П. Ультраструктура кутикулы плодов разных сортов яблони *Malus domestica* (Rosaceae). *Ботанический журнал*. 1989;74(3):328-332).

Kumachova T.Kh., Voronkov A.S., Orlova Yu.V. et al. Tannosomes in the pericarp cells of *Maloideae* (Rosaceae). *Doklady Biological Sciences*. 2018;482(1):214-218. DOI: 10.1134/S0012496618050149

Mabrouk S.S., Shayeb N.M.A. Inhibition of aflatoxin production in *Aspergillus flavus* by natural coumarins and chromones. *World J. Microbiol. Biotechnol*. 1992;8(1):60-62. DOI: 10.1007/BF01200686

Marin M., Jasnić N., Lakušić D. et al. The micromorphological, histochemical and confocal analysis of *Satureja subspicata* Bartl. ex Vis. glandular trichomes. *Archives of Biological Sciences*. 2010;62(4):1143-1149. DOI: 10.2298/ABS1004143M

Shkalikov V.A., Dyakov Yu.T. et al. Plant immunity (Immunitet rasteniy). Moscow: Kolos; 2005. [in Russian] (Шкаликов В.А., Дьяков Ю.Т., Смирнов А.Н. и др. Иммунитет растений. М.: Колос; 2005).

Sitte P., Weiler E.W., Kadereit J.W. et al. Botany. Vol. 1: Cell biology. Anatomy. Morphology (Botanika. T. 1: Kletochnaya biologiya. Anatomiya. Morfologiya). Moscow: Academia; 2007. [in Russian] (Зитте П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В. и др. Ботаника. Т. 1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология. М.: Академия; 2007).

Upadyshev M.T. The role of phenolic compounds in the processes of horticultural plant life (Rol fenolnykh soyedineniy v protsessakh zhiznedeyatelnosti sadovykh rasteniy). Moscow: MSP Publ. House; 2008. [in Russian] (Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. М.: Изд. дом МСП; 2008).

Weakley B. Electronic microscopy for beginners (Elektronnaya mikroskopiya dlya nachinayuschikh). Moscow: Mir; 1975. [in Russian] (Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих. М.: Мир; 1975).

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

Кумахова Т.Х., Белошапкина О.О., Воронков А.С., Рябченко А.С. Морфофункциональная характеристика листьев и плодов Maloideae (Rosaceae): б. Роль поверхностных тканей в формировании устойчивости к грибным болезням. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):95-101. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-95-101

Kumachova T.Kh., Beloshapkina O.O., Voronkov A.S., Ryabchenko A.S. Morphofunctional characteristics of leaves and fruits in Maloideae (Rosaceae): b. The role of surface tissues in the formation of resistance to fungal diseases. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):95-101. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-95-101

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available forthispaperathttps://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-95-101

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИИ ОГУРЦА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЕ В ЗОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-102-108
УДК 635.63:632.4
Поступление/Received: 11.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Э. Х. СУХАНБЕРДИНА[1], А. А. ГРУШИН[1], Т. М. ПИСКУНОВА[2]

[1] Волгоградская опытная станция, филиал Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 404160 Россия, Волгоградская обл., г. Краснослободск, квартал опытная станция ВИР, 30;
gnuvosvniir@yandex.ru

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

SCREENING OF THE CUCUMBER COLLECTION FOR RESISTANCE TO DOWNY MILDEW IN THE LOWER VOLGA REGION

E. H. SUKHANBERDINA[1], A. A. GRUSHIN[1], T. M. PISKUNOVA[2]

[1] Volgograd Experiment Station, branch of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 30 VIR Experiment Station Block, Krasnoslobodsk, Volgograd Province 404160, Russia;
gnuvosvniir@yandex.ru

[2] N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
t.piskunova@vir.nw.ru

Актуальность. В настоящее время самым распространенным и вредоносным заболеванием огурца является пероноспороз (ложная мучнистая роса). В связи с этим, актуальным направлением селекции остается выведение новых, более устойчивых к пероноспорозу сортов огурца для выращивания в различных регионах. Решение этой задачи требует проведения поиска доноров устойчивости для использования в селекционной работе. **Материалы и методы.** Исследования проводились в филиале ВИР Волгоградская опытная станция ВИР по общепринятым методикам. Материалом для скрининга послужила коллекция огурца ВИР. **Результаты и выводы.** В результате многолетнего, на протяжении 32 лет, скрининга 2873 образцов огурца из коллекции ВИР были выявлены 57 устойчивых и относительно устойчивых к пероноспорозу образцов, что составляет 2,0% от числа изученных. Иммунные образцы не найдены. Среди выделившихся форм можно особо отметить образцы с наибольшей продуктивностью: местные образцы из Азербайджана (вр. к.-3999 и вр. к-4004), а также сорта из Китая 'Zungsungerum-oi' (вр. к-3701), 'Tianin mini cucumber' (к-4490), 'Тянь узинь яо № 5' (вр. к-3840), 'Тянь-узинь ян № 6' (вр. к-3841). Из числа устойчивых и относительно устойчивых образцов 76% происходили из стран Юго-Восточной Азии. За время изучения 23 образца потеряли свою устойчивость и стали сильно поражаться пероноспорозом. Исходя из этого, можно сделать вывод о необходимости периодических повторных проверок устойчивых образцов. В группу толерантных были выделены 20 образцов. Из них наибольшей средней урожайностью обладают образцы 'Yeo leam sam chuk oi' (к-4545), 'Crispy Top F_1' (вр. к-3549) и 'Пчелка F_1' (вр. к-3981).

Ключевые слова: огурец, коллекция, пероноспороз, источники, скрининг, устойчивость, толерантность, урожайность.

Background. Currently, the most widespread and harmful disease of cucumber is downy mildew. In this regard, a vitally important trend in cucumber breeding is the development of new cultivars, more resistant to downy mildew, for cultivation in different regions. Solution to this problem requires searching for donors of resistance for use in breeding practice. **Materials and methods.** The studies were conducted at Volgograd Experiment Station of VIR using conventional methods. The material for the screening was the collection of cucumber genetic resources held by VIR. **Results and conclusions.** During 32 years of work, 2873 cucumber accessions from VIR's holdings were screened. As a result, 57 accessions with resistance or relative resistance to downy mildew were identified, i. e. 2.0% of the total number studied. Immune accessions were not found. Among the selected accessions, those with the highest yield are noteworthy: landraces from Azerbaijan (temp. k-3999 and temp. k-4004) as well as the cultivars from China 'Zungsungerum-oi' (temp. k-3701), 'Tianin mini cucumber' (k-4490), 'Tian Uzin Yao No. 5' (temp. k-3840) and 'Tian Uzin Yang No. 6' (temp. k-3841). Of the resistant and relatively resistant accessions, 76% were from Southeast Asia. During the years of study, 23 accessions, previously resistant to downy mildew, lost their resistance and suffered severe damage from the disease. Hence, it seems obvious that resistant accessions should be periodically retested for susceptibility to downy mildew. Twenty accessions were selected to form a group of tolerant ones. Of these, 'Yeo leam sam chuk oi' (k-4545), 'Crispy Top F_1' (temp. k-3549) and 'Pchelka F_1' (temp. k-3981) had the highest average yield.

Key words: cucumber, collection, downy mildew, sources, screening, resistance, tolerance, yield.

Введение

Ложная мучнистая роса (пероноспороз) огурца (возбудитель – *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt.) Rostow.) является в настоящее время самой вредоносной болезнью этой культуры, приводящей в отдельные годы к 100% гибели урожая. Патоген был впервые обнаружен на о. Куба в 1868 г., и затем его ареал интенсивно расширялся по всему земному шару. В России ложная мучнистая роса на огурце была зарегистрирована С. И. Ростовцевым в 1902 г. в Тверской и Московской областях. В 1984 и особенно в 1985 г. опустошительная эпифитотия наблюдалась на плантациях огурца во многих странах Европы, включая Финляндию и СССР (Grinko, Zherdetskaya, 1991; Grinko, 2003).

Ежегодно эпифитотия ложной мучнистой росы угрожает производству огурца в более чем 80 странах мира. Болезнь особенно опасна там, где теплый климат сочетается с обильным выпадением осадков, больше 300 мм в год (Lebeda, Cohen, 2011).

В настоящее время наиболее популярным способом борьбы с пероноспорозом является применение фунгицидов. Однако их использование имеет существенные недостатки: химические препараты необходимо применять многократно, в результате чего повышается себестоимость продукции, загрязняется окружающая среда и сама продукция, вырабатывается резистентность возбудителей к химикатам. Кроме того, применяемые фунгициды недостаточно эффективны.

Самым перспективным, наиболее экономичным, эффективным, радикальным и экологически чистым методом защиты, который улучшает качество продукции и уменьшает загрязненность окружающей среды, является создание и внедрение в производство устойчивых сортов и гибридов.

Значительная работа, направленная на изучение, поиск и создание устойчивых к пероноспорозу сортов и гибридов, проводится в различных странах мира. Устойчивость к этому заболеванию контролируется генами, обозначаемыми символом «*Dm*» – от английского названия *Downy mildew*. Эффективными генами устойчивости к болезни являются *Dm1.1, Dm5.1, Dm5.3* (Lebeda, Doležal, 1995).

Учеными ВИР и его филиалов проведен многолетний скрининг коллекции огурца по устойчивости к ложной мучнистой росе. Так, в филиалах Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР) – Крымская опытно-селекционная станция и Майкопская опытная станция ВИР – в период с 1965 по 2005 год проанализировано свыше 4200 образцов огурца из мировой коллекции ВИР, включая новые сорта и гибриды отечественной и зарубежной селекции (Neklyudova, Korneev, 1980; Krivchenko et al., 1986; Medvedev, 2014). В Московском отделении ВИР изучено более 500 образцов из коллекции ВИР, среди которых 30 образцов оказались относительно устойчивы к пероноспорозу (Pyzhenkov, 1979).

В результате этих исследований установлено, что число устойчивых и относительно устойчивых образцов составляет от 1,2 до 5,0% от общего количества изученных, и сделан вывод об отсутствии образцов с полной устойчивостью к ложной мучнистой росе.

На Волгоградской опытной станции ВИР изучение устойчивости коллекционных образцов огурца к ложной мучнистой росе проводится с 1986 года. По результатам исследований, проведенных в 1986–2000 гг., была опубликована статья, в которой обобщены результаты изучения устойчивости огурца к пероноспорозу, приводится список относительно устойчивых образцов, исследовано влияние погодных условий на развитие пероноспороза (Grushin, Sukhanberdina, 2003). Данные по оценке коллекционных образцов за период с 2001 по 2018 г. частично опубликованы в «Каталоге мировой коллекции ВИР» (Sukhanberdina, Piskunova, 2018).

В селекции огурца остаются проблемы поиска источников устойчивости к пероноспорозу. При этом необходимо учитывать, что для нашей страны, имеющей огромную территорию с множеством агроклиматических зон, требуется создание сортов и гибридов, устойчивых к расовому составу патогена, характерному для конкретной зоны выращивания. К настоящему времени еще не найдены доноры, иммунные к пероноспорозу, но уже созданы устойчивые и относительно устойчивые гибриды.

Первым этапом для селекции является скрининг коллекционных образцов для выявления доноров, несущих гены устойчивости. Значительным исходным материалом для этого располагает коллекция огурца ВИР, насчитывающая около 4000 образцов из более 70 стран мира (Burenin et al., 2009).

Материалы и методы

На Волгоградской опытной станции ВИР исследования проводили в течение 32 лет (1986–2018 гг.). Был осуществлен скрининг по устойчивости к пероноспорозу 2873 образцов огурца из 77 стран, в том числе: России – 601, Нидерландов – 336, Японии – 222, США – 244, Германии – 139, Китая – 112, Канады – 77, Дании – 76, Венгрии – 66, Индии – 65, Украины – 60, Азербайджана – 57, Франции – 48, Швеции – 47 и других стран – 723.

Учетная площадь делянки – 5 м^2, растения размещали по схеме 25×70 см. Технология возделывания была общепринятой для культуры огурца в зоне недостаточного увлажнения. Полив осуществлялся при помощи капельного орошения. Агротехнический уход включал прополку, рыхление, трехкратное внесение минеральных удобрений.

Изучение коллекционных образцов проводили по методике ВИР (Pyzhenkov, Yuldasheva, 1977). В качестве стандарта использовали районированный сорт ‘Обильный’. Регулярные сборы зеленца проводили через 1–2 дня. Продуктивность образца определяли по урожаю, собранному за весь период плодоношения в расчете на 1 м^2.

Оценку образцов по устойчивости к ложной мучнистой росе проводили на естественном инфекционном фоне по методикам, предложенным отделом иммунитета ВИР для овощных культур, используя шкалу устойчивости в баллах (Krivchenko et al., 1975):

0 – поражение отсутствует – иммунность;

1 балл – очень слабое поражение (поражено менее 10% поверхности листьев) – устойчивость;

2 балла – среднее поражение (поражено около 25% поверхности листьев) – относительная устойчивость;

3 балла – сильное поражение (поражено до 50% поверхности листьев) – восприимчивость;

4 балла – очень сильное поражение, вызывающее гибель растений – сильная восприимчивость.

Результаты и обсуждение

Заболевание ложной мучнистой росой в зоне Нижнего Поволжья почти ежегодно носит эпифитотийный характер. Таким образом, скрининг по устойчивости к пероноспорозу проводился на сильном инфекционном фоне, о чем свидетельствует значительная степень развития болезни на коллекции. Умеренное развитие болезни наблюдалось в 1996 (45,2%) и 2017 годах (57,3%). В 2011 году пероноспороз отсутствовал. В остальные годы поражение коллекции варьировало от 72,6 до 97,7%.

В результате проведенных исследований выделено 57 устойчивых и относительно устойчивых образцов, что составляет 2% от общего числа изученных (табл. 1). Образцы с полной устойчивостью к ложной мучнистой росе не обнаружены.

Таблица 1. Устойчивые и относительно устойчивые к пероноспорозу образцы огурца (Волгоградская ОС ВИР, 1986–2018 гг.)

Table 1. Cucumber accessions resistant and relatively resistant to downy mildew (Volgograd Experiment Station of VIR, 1986–2018)

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Максимальная степень поражения, балл	Урожайность, кг/м²	
				средняя	min – max
1	2	3	4	5	6
к-4484	205 Cucumber	Тайвань	2	17,7	7,0 – 20,0
вр.к-3658	Azuma natsufushi	Япония	1	–	–
вр.к.-3782	Burpless Tasty Green F_1	Нидерланды	2	12,7	9,0 – 20,0
вр.к-3718	China Top F_1	Тайвань	2	–	–
вр.к-3597	Duke	Япония	2	7,3	7,0 – 8,0
вр.к-3699	Early Long	Ю. Корея	2	5,2	3,4 – 6,5
к-4174	Early set №36	Япония	1	6,6	5,0 – 8,0
к-4482	Jing Xu 1 hao	Южная Корея	2	10,0	8,0 – 13,0
вр.к-3845	Jinza № 2 F_1	Китай	1	14,1	11,0 – 20,0
вр.к-3844	Jinza № 4 F_1	Китай	1	14,7	11,0 – 21,0
к-3961	Jokota risshuu	Япония	2		–
к-4420	Juliru	Япония	2	12,3	10,0 – 15,0
вр.к-3862	Man chuncheongjangmadi	Южная Корея	2	8,2	5,0 – 12,0
вр.к-3336	Mambi	Куба	2	10,1	7,0–13,0
к-2842	Miganozin	Япония	2	-	-
вр.к-3553	Natsuhikari F_1	Япония	2	12,9	10,0 – 15,0
к-2785	Natsufusinari	Япония	1	–	–
к-3235	Okute Aodai	Япония	2	–	–
к-4731	P.I.22980816,6	Канада	1	–	–
вр.к-3668	Prolific F_1	Япония	1	–	–
к-4269	Pusa Sanyog	Индия	1	–	–
к-3215	Sachikaze	Япония	2	–	–
к-3662	Sadao Rischu	Япония	2	–	–
вр.к-3664	Santou	Япония	2	–	–
вр.к-3406	Sarlahi Green	Непал	2	–	–
вр.к-3554	Shantung Suhyo Cross	Япония	2	14,1	12,0 – 16,0
к-3630	Shunjusairaku	Япония	2	–	–
вр.к-3903	Slicing High-Female Slice Max F_1	Япония	2	14,2	13,0 – 16,0
вр.к-3771	Slicing Early Set F_1	Нидерланды	2	–	–
к-4288	SH-To-70	Япония	1	16,7	13,0 – 20,0
к-4726	Takaido	Япония	1	11,4	10,0 –12,7
вр.к-3885	Tasty Bright F_1	Нидерланды	2	17,1	11,0 – 24,0
к-4720	Tasty Green F_1	Германия	2	16,6	14,0 – 19,0
вр.к-3555	Tasty Queen 10 F_1	Япония	2	15,2	14,0 –17,0

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Максимальная степень поражения, балл	Урожайность, кг/м²	
				средняя	min – max
к-4270	Tasty Green Hybrid	Япония	2	16,6	14,0 –19,0
к-4490	Tianin mini cucumber	Китай	1	20,7	19,0 – 23,0
к-4545	Yeo leam chuk oi	Южная Корея	2	17,5	16,0 – 21,0
к-4423	Zena	Япония	2	–	–
к-4072	Zhong Nong № 2	Китай	2	16,1	13,0 – 18,0
к-4493	Zhong Nong № 8	Китай	1	9,2	6,0 – 14,0
к-4355	Zhong Nong № 15	Китай	2	15,6	7,0 – 23,0
вр.к-3701	Zungsungerum-oi	Южная Корея	2	29,1	26,0 – 31,0
вр.к.-4015	Водограй	Украина	2	13,7	11,0 – 15,0
к-4497	Дин-ень №2	Китай	1	11,0	5,0 – 19,0
вр.к-3867	Местный	Азербайджан	2	14,6	5,0 – 21,0
вр.к-3998	Местный	Азербайджан	2	17,1	4,0 – 27,0
вр.к--3999	Местный	Азербайджан	2	20,2	9,0 – 40,0
вр.к-4004	Местный	Азербайджан	2	26,2	11,0 – 39,0
вр.к-4006	Местный	Азербайджан	2	12,9	4,0 – 20,0
вр.к.-4011	Местный	Азербайджан	2	17,0	7,0 – 24,0
вр.к-3834	Местный	Китай	2	15,0	11,0 – 16,0
к-4008	Местный № 515	Россия	2	4,8	4,0 – 6,8
к-4290	Судзукадзэ № 100	Япония	2	9,2	3,0 – 15,0
вр.к-3839	Тянь-узинь ян № 4	Китай	2	11,9	7,0 – 20,0
вр.к-3840	Тянь узинь яо № 5	Китай	1	19,5	14,0 – 28,0
вр.к-3841	Тянь-узинь ян № 6	Китай	2	19,1	14,0 – 26,0
к-4498	Тянь-узинь ян № 7	Китай	2	17,7	16,0 – 20,0
к-4127	Ямато 3 дюйма	Япония	2	6,0	4,0 – 13,0
к-3568	Обильный (стандарт)	Россия	4	5,1	2,1 – 7,2

Среди выделившихся по устойчивости можно особо отметить образцы с высокой продуктивностью. К ним относятся местные образцы из Азербайджана (вр. к-3999 и вр. к-4004), у которых максимальная урожайность доходила до 39–40 кг/м² и средняя составляла 20 и 26 кг/м², а также четыре образца из Китая со средней урожайностью 19–29 кг/м²: 'Zungsungerum-oi' (вр. к-3701), 'Tianin mini cucumber' (к-4490), 'Тянь узинь яо № 5' (вр. к-3840), 'Тянь-узинь ян № 6' (вр. к-3841).

По происхождению образцы, приведенные в таблице 1, распределились следующим образом: Япония – 24 образца, Китай – 12, Азербайджан – 6, Южная Корея – 4, Нидерланды – 4, Тайвань – 24; Россия, Куба, Канада, Непал, Индия, Украина – по одному образцу. Таким образом, страны Юго-Восточной Азии представлены 44 образцами, что составляет 76% от числа устойчивых и относительно устойчивых образцов.

Полученные нами результаты подтверждают положение Н. И. Вавилова, о том, что генцентры культурных растений служат главным источником генотипической устойчивости к болезням (Vavilov, 1964). В. И. Пыженков (Pyzhenkov, 1977), анализируя регионы происхождения устойчивых к ложной мучнистой росе сортов огурца, установил, что они в основном происходят из первичного центра происхождения огурца – Индии и вторичных центров – Китая, Японии, Вьетнама, Бирмы, Непала, Индонезии, российского Дальнего Востока.

Приведенные выше данные подтверждают сделанные ранее нами и другими исследователями выводы:

а) иммунные к пероноспорозу доноры не найдены;

б) число устойчивых и относительно устойчивых к пероноспорозу образцов составляет незначительную долю от всей коллекции;

в) устойчивые образцы происходят преимущественно из стран Юго-Восточной Азии (Medvedev, Medvedeva, 1985; Krivchenko et al., 1986).

Оценка по устойчивости к пероноспорозу проводилась на всей коллекции, включающей также и образцы, высеянные для поддержания всхожести. Пересев образцов осуществлялся, как правило, через восемь-десять лет. Повторное изучение показало, что 23 образца, первоначально оцененные нами как относительно устойчивые, в дальнейшем стали сильно поражаться (табл. 2).

Причину утраты устойчивости можно объяснить тем, что возбудитель пероноспороза обладает значительной экологической адаптивностью и агрессивностью. Новые расы патогена с широким спектром вирулентности способны преодолевать устойчивость сортов и гибридов огурца. При этом раннее устойчивые образцы становятся высоко восприимчивыми и поражаются на 100%.

Доказано, что вирулентность возбудителя ложной мучнистой росы огурца в различных эколого-географических регионах сильно различается. Со временем, и порой очень быстро, появляются новые расы патогена. В научной ли-

тературе приводятся многочисленные примеры потери гибридами и сортами огурца устойчивости к ложной мучнистой росе со временем либо в зависимости от агроклиматической зоны выращивания (Medvedev, 1983; Medvedev, Medvedeva, 1985; Medvedeva, Krivchenko et al., 1986; Grinko, Zherdetskaya, 1991; Grinko, 2003).

Таким образом, поиск устойчивых образцов должен быть постоянным. Из-за широких приспособительных способностей к паразитированию возбудителя ложной мучнистой росы огурца, выделенные в качестве устойчивых коллекционные образцы необходимо периодически повторно проверять.

Таблица 2. Образцы огурца, изменившие степень устойчивости к пероноспорозу за период изучения (Волгоградская ОС ВИР 1986–2018 гг.)

Table 2. Cucumber accessions that changed their level of resistance to downy mildew during the period of study (Volgograd Experimental Station of VIR, 1986–2018)

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Год изучения	Максимальная степень поражения, балл
к-4783	Agnes mix F_1 RS	Нидерланды	1987	1
			2016	4
вр.к-2863	CS 20280	Германия	1986	2
			1992	4
к-4022	First Pride	США	1995	2
			2005	3
к-2964	Green Slicer	Япония	1992	2
			2003	4
к-2841	Heiwa	Япония	1988	2
			2008	4
к-4217	High Mark II	Габон	1986	1
			2000	4
вр.3052	Hybrid NVH 2100	Франция	1987	2
			1990	4
к-3212	Jamato San-jaku	Япония	1999	2
			2012	4
к-4216	Miyama Suyo	Япония	2001	1
			2008	3
к-2257	№ 195	Россия	1987	2
			1989	4
к-2272	№ 271	Россия	1997	1
			2007	3
к-3194	Peking	Япония	1991	2
			1994	4
к-2892	Poinsett	США	1991	2
			1993	4
к-3712	RS 313 F_1	Нидерланды	1987	2
			2001	4
к-4040	Saharanpur	Индия	1987	2
			2007	4
к-3614	444 Tempo	Нидерланды	1987	2
			1998	4
к-4151	White Wonder	Индия	1987	1
			2010	4
к-4309	Zhong nong № 1101	Китай	2001	2
			2010	4
к-2510	Местный 111	Россия	1993	2
			2008	4
к-4038	Местный Джампур	Индия	1987	1
			2003	4
к-3387	Надежный	Россия	1998	1
			2008	4
к-2970	Си-сань-цзяо-цуньсяо-цы-гуа	Китай	1993	2
			2014	4
к-4440	Славянский	Беларусь	2003	2
			2005	4

В таблице 3 приведены 20 толерантных (выносливых) образцов. К толерантным к пероноспорозу образцам относятся такие сорта и гибриды, которые, несмотря на поражение в 3–4 балла, продолжают вегетировать и не утрачивают продуктивную способность. Этот тип поражения связывают с защитной реакцией растения-хозяина, обладающего гиперчувствительностью на внедрение паразита. При этом клетки растения быстро гибнут, образуются небольшие по размеру некротические зоны, в которых патоген локализуется. Такой тип поражения обусловлен наличием гена устойчивости к пероноспорозу *Dm1.1* (Pakhratdinova, 2017). Поскольку возбудитель пероноспороза является облигатным паразитом, он не может выжить на некротических тканях. Высокая степень некротизации приводит к сокращению доступных для спорообразования тканей, что непосредственно ограничивает повторное заражение и значительно замедляет распространение болезни (Loktina, 1970; Grinko, 2003).

Таблица 3. Образцы огурца, выделившиеся по толерантности к пероноспорозу (Волгоградская ОС ВИР, 1986–2018 гг.)
Table 3. Cucumber accessions tolerant to downy mildew (Volgograd Experiment Station of VIR, 1986–2018)

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Степень поражения, балл	Урожайность, кг/м²	
				средняя	min – max
вр. к-3549	Crispy Top F_1	Япония	3	15,5	13,0 – 20,0
вр. к.3261	Dex (E 366)	Нидерланды	4	9,7	7,0 – 12,0
к-4265	Forum F_1	Польша	4	10,8	8,0 – 13,0
вр. к-3599	Mark 2	Япония	3	11,5	11,0 – 14,0
к-3918	Minerva	Нидерланды	3	10,7	9,0 – 14,0
к-4458	Mirella RS	Нидерланды	3-4	13,5	10,0 – 13,0
к-4748	Pioneer F_1	Нидерланды	4	11,0	7,0 – 16,0
вр. к-3812	Telepathy F_1	Нидерланды	4	11,7	9,0 – 14,0
к-4545	Yeo leam sam chuk oi	Южная Корея	3	17,5	15,0 – 21,0
вр. к-4024	Августин F_1	Россия	4	11,8	8,0 – 13,0
вр. к-3977	Гомер F_1	Россия	3	11,6	8,0 – 15,0
вр. к-3907	Дуняша F_1	Россия	3	11,0	7,0 – 15,0
вр. к.4016	Леша F_1	Украина	4	13,3	5,0 – 20,0
вр. к-3846	Местный	Россия	4	10,2	9,0 – 11,0
вр. к-3881	Местный	Азербайджан	4	12,6	10,0 – 15,0
вр. к-3980	Нефрит	Россия	4	11,1	5,0 – 17,0
вр. к-3981	Пчелка F_1	Россия	3-4	14,3	7,0 – 20,0
вр. к-3985	Сашенька F_1	Россия	4	11,4	9,0 – 14,0
вр. к-4021	Стрелец F_1	Россия	4	10,3	6,0 – 14,0
вр. к-4017	Трой F_1	Украина	4	13,0	9,0 – 18,0
к-3568	Обильный (стандарт)	Россия	4	5,1	2,1 – 7,2

Среди толерантных наибольшей урожайностью отличаются образцы 'Yeo leam sam chuk oi' (к-4545) из Южной Кореи со средней урожайностью 17,5 кг/м², 'Crispy Top F_1' (вр. к-3549) из Японии – 15,5 кг/м² и 'Пчелка F_1' (вр.к-3981) из России – 14,3 кг/м².

Заключение

В результате многолетнего скрининга 2873 образцов огурца из коллекции ВИР выявлены 57 устойчивых и относительно устойчивых к пероноспорозу образцов, что составляет 2% от числа изученных. Иммунные образцы не найдены.

Из числа устойчивых и относительно устойчивых образцов 76% поступили в коллекцию ВИР из стран Юго-Восточной Азии.

Среди выделившихся по устойчивости можно особо отметить образцы с наиболее высокой продуктивностью: местные образцы из Азербайджана вр. к.-3999 и вр. к-4004, а также образцы из Китая 'Zungsungerum-oi' (вр. к-3701), 'Tianin mini cucumber' (к-4490), 'Тянь узинь яо № 5' (вр. к-3840), 'Тянь-узинь ян № 6' (вр. к-3841).

За время изучения 23 образца, ранее показавшие устойчивость к болезни, стали сильно поражаться пероноспорозом. Исходя из этого, можно сделать вывод о необходимости периодических повторных проверок устойчивости образцов к болезни.

В группу толерантных были выделены 20 образцов. Наибольшей средней урожайностью обладают образцы 'Yeo leam sam chuk oi' (к-4545), 'Crispy Top F_1' (вр. к-3549) и 'Пчелка F_1' (вр. к-3981).

Мы надеемся, что полученные данные помогут селекционерам в создании высокоурожайных, устойчивых к пероноспорозу сортов и гибридов огурца, адаптированных к зоне Нижнего Поволжья.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно 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

Burenin V.I., Artemyeva A.M., Khrapalova I.A., Piskunova T.M., Kozhanova T.N., Khmeinskaya T.V. Genotypic characteristics of vegetable and cucurbit crop collections (Genotipicheskiye kharakteristiki kollektsiy ovoshchnykh i bakhchevykh kultur). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 2009;166:20-26. [in Russian] (Буренин В.И., Артемьева А.М., Храпалова И.А., Пискунова Т.М., Кожанова Т.Н., Хмелинская Т.В. Генотипические характеристики коллекций овощных и бахчевых культур. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009;166:20-26).

Grinko N.N. Downy mildew of cucumber (Lozhnaya muchnistaya rosa ogurtsa). Sochi; 2003. [in Russian] (Гринько Н.Н. Ложная мучнистая роса огурца. Сочи; 2003).

Grinko N.N., Zherdetskaya T.N. Downy mildew of cucumber (Peronosporoz ogurtsa). Minsk; 1991. [in Russian] (Гринько Н.Н., Жердецкая Т.Н. Пероноспороз огурца. Минск; 1991).

Grushin A.A., Sukhanberdina E.H. Some aspects of the manifestation of downy mildew of cucumber in the conditions of the Lower Volga region (Nekotorye aspekty proyavleniya peronosporoza ogurtsa v usloviyakh Nizhnego Povolzhya). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 2003;160:29-35. [in Russian] (Грушин А.А., Суханбердина Э.Х. Некоторые аспекты проявления пероноспороза огурца в условиях Нижнего Поволжья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2003;160:29-35).

Krivchenko V.I., Medvedeva N.I., Medvedev A.V. Resistance of cucumber collection samples to diseases (Ustoychivost obraztsov kollektsii ogurtsa k boleznyam). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1986;102:65-72. [in Russian] (Кривченко В.И., Медведева Н.И., Медведев А.В.

Устойчивость образцов коллекции огурца к болезням. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1986;102:65-72).

Krivchenko V.I., Vlasova E.A., Timoshenko Z.V. Guidelines for the accelerated assessment of the resistance of vegetable crops to diseases and racial differentiation of their pathogens (Metodicheskoye ukazaniye po uskorennoy otsenke ustoychivosti ovoshhnykh kultur k boleznyam i rasovoy differentsiatsii ikh vozbuditeley). Leningrad: VIR; 1975. [in Russian] (Кривченко В.И, Власова Э.А., Тимошенко З.В. Методическое указание по ускоренной оценке устойчивости овощных культур к болезням и расовой дифференциации их возбудителей. Л.: ВИР; 1975).

Lebeda A., Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) – biology, ecology, epidemiology, host–pathogen interaction and control. *Eur. J. Plant Pathol*. 2011;129:157-192.

Lebeda A., Doležal K. Peroxidase isozyme polymorphism as a potential marker for detection of field resistance in *Cucumis sativus* to cucumber downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis* [Berk. et Curt.] Rostov.). *Journal of Plant Diseases and Protection*. 1995;102(5):467-471.

Loktina G.N. Downy mildew of cucumbers (Lozhnaya muchnistaya rosa ogurtsov). *Trudy Sakhalinskoy oblastnoy stantsii zashchity rasteniy = Proceedings of Sakhalin Regional Plant Protection Station*. Yuzhno-Sakhalinsk; 1970;1:21-23. [in Russian] (Локтина Г.Н. Ложная мучнистая роса огурцов. *Труды Сахалинской областной станции защиты растений*. Южно-Сахалинск, 1970;1:21-23)

Medvedev A.V. Downy mildew (Lozhnaya muchnistaya rosa). *Novy zemledelets = New Farmer*. 2014;1(82):24-25. [in Russian] Медведев А.В. Ложная мучнистая роса. *Новый земледелец*. 2014;1(82):24-25).

Medvedeva N.I., Medvedev A.V. Agrobiological evaluation of cucumber samples promising for breeding for resistance to downy mildew (Agrobiologicheskaya otsenka obraztsov ogurtsa, perspektivnykh dlya selektsii na ustoychivost k lozhnoy muchnistoy rose). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* 1983;77:25-28. [in Russian] (Медведева Н.И., Медведев А.В. Агробиологическая оценка образцов огурца, перспективных для селекции на устойчивость к ложной мучнистой росе. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1983;77:25-28).

Medvedev A.V., Medvedeva N.I. Sources of cucumber resistance to downy mildew and their use in breeding (Istochniki ustoychivosti ogurtsa k lozhnoy muchnistoy rose i ispolzovaniye ikh v selektsii) *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* 1985;97:36-39. [in Russian] (Медведев А.В., Медведева Н.И. Источники устойчивости огурца к ложной мучнистой росе и использование их в селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1985; 97:36-39).

Neklyudova E.T., Korneev V.D. Disease resistance of the cucumber collection (Ustoychivost kollektsii ogurtsov k boleznyam). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* 1980;66(2):80-83. [in Russian] (Неклюдова Е.Т., Корнеев В.Д. Устойчивость коллекции огурцов к болезням. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1980;66(2):80-83).

Pakhratdinova Zh.U., Rsaliev A.S., Amirkhanova N.T. Study of the genetic bases of the resistance of cucumber varieties to downy mildew on the basis of molecular genetic markers (Izucheniye geneticheskikh osnov ustoychivosti sortov ogurtsa k peronosporozu na osnove molekulyarno-geneticheskikh markerov). *International Research Journal*. 2017;11(65):85-89. [in Russian] (Пахратдинова Ж.У., Рсалиев А.С., Амирханова Н.Т. Изучение генетических основ устойчивости сортов огурца к пероноспорозу на основе молекулярно-генетических маркеров. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017;11(65):85-89). DOI: 10.23670/IRJ.2017.65.107

Pyzhenkov V.I. Areas of the formation of disease resistance in cucumber plants and geographical patterns in its distribution (Rayony formirovaniya bolezneustoychivosti rasteniy ogurtsa i geograficheskiye zakonomernosti v yeyo raspredelenii). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* 1977;61(1):19-31. [in Russian] (Пыженков В.И. Районы формирования болезнеустойчивости растений огурца и географические закономерности в её распределении. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1977;61(1):19-31).

Pyzhenkov V.I. Natural formation of complex resistance to infectious diseases in cucumber plants (Yestestvennoye formirovaniye kompleksnoy ustoychivosti rasteniy ogurtsa k infektsionnym zabolevaniyam). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* 1979;64(1):100-103. [in Russian] (Пыженков В.И. Естественное формирование комплексной устойчивости растений огурца к инфекционным заболеваниям. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1979;64(1):100-103).

Pyzhenkov V.I., Yuldasheva L.M. Guidelines for the study and maintenance of the collection of cucumbers (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu kollektsii ogurtsov). Leningrad: VIR; 1977. [in Russian] (Пыженков В.И., Юлдашева Л.М. Методические указания по изучению и поддержанию коллекции огурцов. Л.: ВИР; 1977).

Sukhanberdina E.H., Piskunova T.M. Catalogue of the VIR Global Collection. Issue 862. Cucumber. Source material for breeding for productivity and resistance to *Peronospora* (Iskhodny material dlya selektsii na urozhaynost i ustoychivost k peronosporozu). St. Petersburg; 2018. [in Russian] (Суханбердина Э.Х., Пискунова Т.М. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 862. Огурец. Исходный материал для селекции на урожайность и устойчивость к пероноспорозу. СПб.; 2018).

Vavilov N.I. Immunity of plants to infectious diseases (Immunitet rasteniy k infektsionnym zabolevaniyam). In: *Selected works*; Vol.IV. *Problems of immunity of cultivated plants*. Moscow; Leningrad: Nauka; 1964. p.132-313. [in Russian] (Вавилов Н.И. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. В кн.: *Избранные труды*; T.IV. *Проблемы иммунитета культурных растений*. М.-Л.: Наука; 1964. С.132-313).

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

Суханбердина Э.Х., Грушин А.А., Пискунова Т.М.
Скрининг коллекции огурца по устойчивости к ложной мучнистой росе в зоне Нижнего Поволжья. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):102-108.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-102-108

Sukhanberdina E.H., Grushin A.A., Piskunova T.M.
Screening of the cucumber collection for resistance to downy mildew in the Lower Volga region. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):102-108.
DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-102-108

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-102-108

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗЕРНОБОБОВЫХ ВИР И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ (ОБЗОР)

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-109-123
УДК 635.651/.659: 633.33/.37: 631.524/.527
Поступление/Received: 28.02.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

М. А. ВИШНЯКОВА[1], Т. Г. АЛЕКСАНДРОВА[1], Т. В. БУРАВЦЕВА[1], М. О. БУРЛЯЕВА[1], Г. П. ЕГОРОВА[1], Е. В. СЕМЕНОВА[1], И. В. СЕФЕРОВА[1], Г. Н. СУВОРОВА[2]

[1] Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
m.vishnyakova.vir@gmail.com

[2] Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, 302502 Россия, Орловская обл., Орловский район, п. Стрелецкое, ул. Молодежная, 10, к. 1

SPECIES DIVERSITY OF THE VIR COLLECTION OF GRAIN LEGUME GENETIC RESOURCES AND ITS USE IN DOMESTIC BREEDING

M. A. VISHNYAKOVA[1], T. G. ALEKSANDROVA[1], T. V. BURAVTSEVA[1], M. O. BURLYAEVA[1], G. P. EGOROVA[1], E. V. SEMENOVA[1], I. V. SEFEROVA[1], G. N. SUVOROVA[2]

[1] N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
m.vishnyakova.vir@gmail.com

[2] Federal Scientific Center of Grain Legumes and Groat Crops, 10/1 Molodezhnaya Street, Streletskoye, Orlovsky District, Orel Province 302502, Russia

В мировых генбанках сохраняется 7,5 млн образцов гермоплазмы генетических ресурсов растений (ГРР). Одна из качественных характеристик коллекций ГРР – видовое разнообразие, в частности наличие в них диких родичей культурных растений (ДРКР), позволяющее шире использовать генофонд в селекционном процессе. Коллекция ВИР – одна из самых многовидовых коллекций мировых ГРР. В статье приводится обзор видового разнообразия коллекции ГР зернобобовых культур ВИР и анализ его использования в отечественной селекции. Сопоставление этого разнообразия с состоянием использования ГРР в мире позволяет оценить перспективы более эффективной эксплуатации возможностей генофонда, особенно видов, неоправданно узко культивируемых или не известных в культуре вообще в нашей стране. Коллекция зерновых бобовых культур ВИР включает 196 видов из 9 родов сем. Fabaceae Lindl. В это число входят культигены и ДРКР. Сорта 21 вида зернобобовых культур, занесенных в Государственный реестр селекционных достижений (2018), адаптированы к почвенно-климатическим условиям нашей страны. Однако видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР может использоваться в отечественной селекции и растениеводстве более эффективно. Это касается как недостаточно используемых в России культур (бобы, фасоль лимская, чина посевная), так и культур, адаптивный потенциал которых приспособлен лишь к определенным и ограниченным регионам РФ (фасоль остролистная и виды вигны). Необходимо более полно использовать виды дикой флоры как для непосредственного применения в качестве пастбищных, сидерационных, фиторемедиционных культур, так и для интрогрессивной селекции и дальнейшего введения в культуру (*Vicia benghalensis* L., *V. narbonensis* L., *Lathyrus sylvestris* L., *Lupinus hartwegii* Lindl. и др.). Включение диких родичей в селекционный процесс перспективно для улучшения культур по ряду направлений: повышение устойчивости к болезням, вредителям, абиотическим стрессорам и т. п.

Ключевые слова: зернобобовые культуры, виды, сорта, коллекция, разнообразие, селекция, введение в культуру, межвидовые скрещивания.

The world's genebanks hold 7.5 million germplasm accessions of plant genetic resources (PGR). One of the qualitative characteristics of the PGR collections is the species diversity, in particular, the presence of crop wild relatives (CWR), which makes it possible to widen the use of gene pools in the breeding process. The collection of the Vavilov Institute (VIR) is one of the most diverse holdings in the number of plant species. A survey is provided here of the species diversity in VIR's grain legume collection, and its use in domestic breeding practice is analyzed. Comparison of this diversity with the state of PGR exploitation in the world makes it possible to assess the prospects of more efficient utilization of gene pool potential, especially for species that are unjustifiably cultivated on a too small scale or even neglected as crops in this country. The VIR collection of grain legumes incorporates 196 species from 9 genera of the family Fabaceae. This number includes cultigens and CWR. The cultivars of 21 species of grain legumes listed in the State Register of Breeding Achievements (2018) are adapted to the soil and climate conditions of this country. However, the species diversity of the collection could be used more efficiently in domestic plant breeding and crop production. This concerns both underutilized crops in Russia (broad beans, lima beans and grass pea) and those whose adaptive potential is adjusted only to certain and limited areas of the Russian Federation (Tepary beans and *Vigna* spp.). It is also necessary to exploit more efficiently species of the wild flora, both for direct utilization as pastures, green manure or phytoremediation crops and for introgressive breeding and domestication (*Vicia benghalensis* L., *V. narbonensis* L., *Lathyrus sylvestris* L., *Lupinus hartwegii* Lindl., etc.). Incorporation of crop wild relatives into the breeding process is promising for crop improvement in a number of aspects: for example, to increase resistance to diseases, pests, abiotic stressors, etc.

Key words: grain legumes, crops, species, varieties, collection, diversity, breeding, domestication, interspecific crosses.

Введение

В мире существует 1750 генбанков, сохраняющих 7,5 млн образцов генетических ресурсов растений (ГРР) (Genebank Standards…, 2014). Доступные нам сведения о числе видов в коллекциях крупнейших генбанков мира относятся к 2008 г. (The second report…, 2010). Между тем, видовое разнообразие – одна из качественных характеристик генофондов, сохраняемых в генбанках. Привлечение в депозитарии гермоплазмы и сохранение в них культурных, широко возделываемых видов растений во многих случаях является основной прагматичной целью создания многих коллекций, не включающих диких родичей культурных растений (ДРКР). По оценкам некоторых авторов, дикие родичи в них составляют не более 2% содержимого (Ford-Lloyd et al., 2001; Dempewolfe et al., 2014). Общеизвестно, однако, что дикие виды, а особенно ДРКР – бесценный ресурс генов адаптивности, качества и других селекционно значимых свойств. Одни из них перспективны для введения в культуру, другие – для интрогрессивной селекции, третьи – для культивирования в качестве пастбищных культур, медоносных растений, фиторемедиантов, сидератов, сырья для фармакологии и т. п. Коллекция ВИР, насчитывающая более 325 000 образцов – представителей 64 семейств, 376 родов и 2169 видов, – одна из самых многовидовых коллекций мировых ГРР.

Цель нашей статьи – сделать обзор видового разнообразия коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и анализ его использования в селекции и/или перспектив включения в селекционный процесс, в культуру, а также выращивания для различных целей народного хозяйства.

В основном каталоге коллекции зернобобовых содержатся образцы 196 видов сем. Fabaceae Lindl. (Бобовые); из них 21 – культурных растений, сорта которых занесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (2018)[1]. В большинстве своем это виды, адаптированные к почвенно-климатическим условиям нашей страны. Большая часть содержащегося в коллекции видового разнообразия – ДРКР, а также виды, не включенные в производство или узко культивируемые в нашей стране, но играющие экономическую роль в других регионах мира. ДРКР, сохраняемые в коллекции зернобобовых, относятся к разным генным пулам имеющихся в коллекции культур. Согласно известной концепции генных пулов (Harlan, de Wet, 1971), целый ряд окультуренных видов вики, чины, люпина имеют диких родичей из первичного генпула, поскольку их представители продолжают произрастать в диком состоянии и легко скрещиваются с культурными формами. У сои и чечевицы есть дикие виды в первичном генном пуле, скрещивания с которыми привели к созданию сортов. У ряда культурных видов люпина и гороха в коллекции имеются дикие родичи, относящиеся к вторичному генному пулу. У них известны примеры межвидовой гибридизации, не реализованные пока в получение сортов. Виды, относящиеся к третичному генному пулу, изучают как носителей ценных признаков, гены которых могут быть введены в геномы культурных видов. Развитие новых селекционных технологий, позволяющих найти участки генома, отвечающие за нужные селекционеру признаки, ускоряют и упрощают введение нужных детерминант в создаваемые сорта.

Обзор видового разнообразия коллекции генетических ресурсов зернобобовых приводим по культурам, что совпадает с ее делением на роды, к которым они относятся.

ГОРОХ (*Pisum* L.)

Горох традиционно был основной зернобобовой культурой в нашей стране. По производству гороха Российская Федерация входит в пятерку мировых лидеров. Однако в последние годы он уступил первенство сое, посевные площади которой резко возросли (FAOSTAT).

Горох – одна из наиболее древних культур, относимых наряду с пшеницей однозернянкой, полбой, ячменем, льном, нутом, чечевицей и горькой викой к 8 «базовым» культурам, впервые окультуренным человеком в районе «Плодородного полумесяца» (Brown et al., 2009). Первичным центром происхождения гороха считают Переднюю Азию, вторичным – Средиземноморье (Makasheva, 1979).

Род *Pisum* L., к которому относится культурный горох, по данным разных исследователей насчитывает разное число видов. По последней опубликованной системе он включает три вида – один дикий – горох красно-желтый (*P. fulvum* Sibth et Smith.) и два культурных: горох посевной (*P. sativum* L.) и горох абиссинский (*P. abyssinicum* A. Br.) (Maxted, Ambrose, 2001). Мы же придерживаемся классификации Р. Х. Макашевой (Makasheva, 1979), которая содержит только два вида: *P. fulvum* и *P. sativum*, включающий 6 подвидов: subsp. *elatius* (Bieb.) Schmalh. – *высокий*, subsp. *syriacum* (Boiss. et Noe) Berger – *сирийский*, subsp. *abyssinicum (*A. Br.) Berger – *абиссинский*, subsp. *transcaucasicum* Makash. – *закавказский*, subsp. *asiaticum* Govorov – *азиатский*, subsp. *sativum* – *посевной.*

P. sativum включает большое генетическое разнообразие морфологических признаков листьев, цветков, плодов, семян. Он отличается обширным ареалом возделывания, имеет несколько направлений использования: овощное, зерновое, кормовое.

Селекция гороха в России впервые началась в 1907 г. на селекционной станции Петровской сельскохозяйственной академии (ныне Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева). В настоящее время селекцией продовольственного и кормового гороха в РФ занимаются около 40 учреждений. За прошедшее столетие селекционное улучшение культуры существенно продвинулось благодаря генетическим преобразованиям растения. В геном новых сортов были введены гены короткостебельности, детерминантного роста стебля, безлисточковости, неосыпаемости семян, благодаря чему приблизился к возможному биологическому пределу уборочный индекс. Однако одновременно с этим снизилось содержание белка в семенах и ухудшилась устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам (Zelenov, Zelenov, 2016). К примеру, введение в генотип аллеля *a* (зеленой окраски семян) улучшает вкус семян, но придает растению повышенную восприимчивость к таким патогенам как *Pythium* и *Fusarium*. Элиминация аллеля *Np*, вызывающего неоплазию бобов, усиливает поражение зер-

1 State Register of Breeding Achievements. 2018. Available from: reestr.gossort.com (accessed Jan. 11, 2019) [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений. (дата обращения 11.01.2019). Далее ГРСД; (по состоянию на 12 апреля 2018 г.) – ГРСД (2018).

новкой и т. п. (Berdnikov et al., 1992).

Коллекция гороха ВИР – источник исходного материала для селекции – существует со времени основания института (первый поступивший образец датируется 1896 годом), и в настоящее время содержит более 8000 образцов всех подвидов *P. sativum* и представителей *P. fulvum*, происходящих из 92 стран мира.

В ГРСД (2018) – 113 сортов зернового гороха и 111 сортов овощного гороха отечественной селекции, что составляет 83 и 66% соответственно от общего числа зарегистрированных сортов.

Исследования на молекулярно-генетическом уровне выявили необычайно узкую генетическую основу современных сортов. Поэтому важнейшим источником генетического разнообразия для селекции могут быть дикие родичи вида: *P. fulvum* и подвид *P. sativum* subsp. *elatius* (Makasheva, 1979; Kosterin, 2015; Bobkov et al., 2016). Их включение в селекционный процесс перспективно по следующим направлениям: повышение устойчивости к вредителям и широкому спектру патогенов и абиотических стрессоров, прежде всего экстремальных температур; улучшение питательной и кормовой ценности; приобретение агротехнических преимуществ, таких как ветвистость и возможность зимовки при осеннем посеве, повышенной симбиотической азотфиксации. Известно, что *P. fulvum* устойчив к гороховой зерновке (*Bruchus pisorum* L., ржавчине, мучнистой росе (*Erysiphe pisi* DC. ex Saint-Amans) (полная устойчивость), а некоторые образцы диких форм посевного гороха (*P. sativum* subsp. *elatius*) показали устойчивость к нематоде (*Heterodera goettigniana* Liebscher), заразихе (*Orobanche crenata* Forsk.), мучнистой росе, фузариозам, аскохитозу (*Micosphaerella pinodes*) и белой гнили, вызываемой *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (Kosterin, 2015).

Межвидовая гибридизация гороха сталкивается с проблемой репродуктивной несовместимости и отличается низкой эффективностью скрещиваний (Bobkov, Selikhova, 2015). Преодолением барьеров межвидовой несовместимости активно занимаются российские ученые (Bogdanova, Kosterin, 2009; Bobkov, Selikhova, 2015; Kosterin, 2015; Kosterin et al., 2019). В Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур (г. Орел), к примеру, проведены скрещивания сортов культигена с широким набором образцов *P. fulvum*. Получен уникальный генетический материал. Проведена идентификация гибридов с использованием электрофоретических спектров белков семян (Selikhova, Bobkov, 2013). Однако работ, связанных с перспективами использования генетического разнообразия диких форм гороха в селекции, продвинутых дальше констатации наличия полезных свойств, получения гибридов и изучения наследования признаков в России пока очень мало.

СОЯ (*Glycine* Willd.)

Род *Glycine* Willd. включает около 30 видов, среди которых только один культиген – соя культурная (*G. max* (L.) Merr.), представленная в коллекции ВИР 6940 образцами. К семи диким видам, имеющимся в коллекции, относятся 459 образцов; из них 344 являются образцами сои уссурийской (*G. soja* Siebold et Zucc.), большая часть которых была собрана в природных популяциях, произрастающих на территории России. Культурная соя представлена селекционными сортами, сортами народной селекции и селекционным материалом. Эти образцы поступали в коллекцию с 1921 г. по настоящее время более чем из 80 стран мира. Селекция культурной сои активно ведется во всем мире, в том числе более чем в 30 различных учреждениях России, из которых наибольшее число сортов имеют ВНИИМК им. В. С. Пустовойта, ВНИИ сои и Приморский НИИСХ. По данным Государственного реестра селекционных достижений, для промышленного возделывания в РФ допущено 223 сорта, из них 150 созданы в России (ГРСД, 2018). Селекция сои может вестись как по зерновому, так и по овощному, зеленокормовому и сидеральному направлениям использования. В настоящее время полностью преобладает зерновое направление, при этом акцент делается на повышение содержания белка в семенах.

Род *Glycine* обычно разделяют на два подрода *Glycine* Willd. и *Soja* (Moench) F. J. Herm. (Hymowitz, Newell, 1981). Подрод *Soja* включает однолетние виды сои, происходящие из Восточно-Азиатского региона, в том числе культурный вид *G. max* и два диких вида – *G. soja* и *G. gracilis* Skvortsov. Все однолетние виды свободно скрещиваются между собой, поэтому одно время *G. soja* и *G. max* предлагали рассматривать в составе одного вида. В настоящее время признание видового уровня *G. soja* стало практически общепринятым. В генетических исследованиях выявляются их различия, в том числе определены негомологичные участки геномов, что определяет более сложное распределение признаков в потомстве гибридов, чем при внутривидовой гибридизации (Joshi et al., 2013). Видовой уровень *G. gracilis* сейчас активно дискутируется.

Подрод *Glycine* объединяет многолетние виды Австралийского региона, а видовой состав этого подрода постоянно пересматривается (Sherman-Broyles et al., 2014). На сайте коллекции США приведено 27 признаваемых видов (USDA-ARS).

Все виды рода *Glycine* рассматриваются как потенциальный ресурс для селекции культурной сои, поскольку представители как многолетних, так и однолетних видов обладают рядом селекционно ценных признаков: скороспелостью, качественным составом семян, эффективностью фотосинтеза и устойчивостью к болезням, вредителям, холоду, засухе, различным вариантам засоления почвы, избыточной инсоляции (Sherman-Broyles et al., 2014).

Попытки привлечения в селекцию культурной сои ее дикого родича *G. soja* осуществлялись многими селекционерами с 1920-х гг. (Leshchenko et al., 1987). В. А. Золотницкий, работавший на Амурской опытной станции, а позднее в Дальневосточном НИИ земледелия и животноводства, проводил развернутые работы по гибридизации культурной и дикой сои (Shchegorets, 2016). При нем на Амурской ОС были созданы гибридные сорта ‘Хабаровская 5’ (к-5258), ‘Хабаровская 23’, ‘Хабаровская 24’. Эти сорта не были районированы и не имели хозяйственного использования, хотя ‘Хабаровская 5’ и ‘Хабаровская 23’ были исключительно скороспелыми. В. А. Золотницкий был уверен, что многие сорта народной селекции Амурского региона являются спонтанными межвидовыми гибридами. Как отборы из них были созданы сорта ‘Амурская 42’, ‘Амурская 57’ (Zolotnitsky, 1962). Последний сорт, под названием ‘Амурская бурая 57’(к-4122), был рекомендован к использованию Государственной сортоиспытательной сетью с 1950 г.

На базе Амурской ОС и Дальневосточного НИИ земледелия и животноводства позднее были сформированы ВНИИ сои и ДальНИИСХ, продолжившие работы В. А. Золотницкого. В этих институтах велись работы по мутагенезу *G. soja* и ее гибридизации с культурной соей, созданы коллекции диких форм, гибридов и мутантов это-

го вида. В результате многолетних работ были получены мутантные формы сои уссурийской, имеющие габитус «культурного типа» – с прямостоячим стеблем и светлыми семенами средней крупности. Получение из дикой мелкосемянной вьющейся сои форм, схожих с культурной соей, рассматривается как доказательство эволюционного происхождения *G. max* от *G. soja* (Ala, Tilba, 2005; Komolykh et al., 2009).

Сотрудниками ВНИИ сои были созданы гибридные сорта 'Зейка' (к-9850) и 'Ария' (к-11111), обладающие высоким потенциалом продуктивности. Сорт 'Зейка' унаследовал от дикой сои исключительную скороспелость, а сорту 'Ария', включенному в ГРСД в 2004 г., от дикой сои передалась способность семян прорастать при относительно низких положительных температурах (Tilba, 2012; Tilba et al., 2012). В ДальНИИСХ на основе мутантов *G. soja* были созданы прямостоячие сорта с семенами средней крупности – 'Локус' (к-9754), 'ВАЗ-100' (к-9751) и 'МОК' (к-11129). Сорт 'Локус' рекомендован Госсортокомиссией для промышленного использования начиная с 1994 г. Также в ДальНИИСХ в результате включения мутантных вариантов дикой сои в скрещивания с культурной были получены высокопродуктивные сорта 'Иван Караманов' (к-11132) и 'Батя' (к-11482), включенные в Госреестр с 2009 и 2016 г. (ГРСД, 2018; Komolykh et al., 2016). Работы по привлечению в селекцию уссурийской сои ведутся и в других организациях РФ.

Гибридные сорта обладают специфическим признаком – быстрым ростом до цветения, что позволяет им лучше конкурировать с сорными растениями. Однако для достижения высоких показателей продуктивности эти сорта требуют точного соблюдения агротехнических мероприятий (Tilba, 2012; Komolykh et al., 2016). Использование в селекции дикого вида *G. soja* может иметь целью повышение экологической адаптивности, устойчивости к болезням и вредителям, неблагоприятным почвенно-климатическим факторам и увеличение содержания белка в семенах (Ala, Tilba, 2005).

Из зарубежных достижений по получению сортов сои путем межвидовой гибридизации можно указать создание в Канаде до 1991 г. мелкосемянных сортов 'Canatto' (к-10412) и 'Nattawa' (к-9002), предназначенных для получения ферментированного продукта натто (Ala, Tilba, 2005; USDA-ARS, 2016).

Препятствие для привлечения в селекцию культурной сои многолетних видов – репродуктивный барьер (Sherman-Broyles et al., 2014). Несмотря на многочисленные попытки, продолжавшиеся на протяжении десятилетий, только недавно был получен фертильный гибрид культурной сои с одним из многолетних видов – *G. tomentella* Hayata (Singh, Nelson, 2015).

ВИКА (*Vicia* L.)

Объем рода *Vicia* L., включающего в себя виды, широко распространенные в умеренной и субтропической зонах земного шара, несмотря на многочисленные исследования, по-прежнему остается спорным. Обычно указывают от 120 до 180 видов, хотя в действительности, по мнению А. К. Станкевич, их гораздо меньше (Repyev et al., 1999). В коллекции ВИР, насчитывающей 5714 образцов вики, – 59 однолетних и многолетних видов (или более 60 видов, если рассматривать ряд внутривидовых таксонов на уровне видового ранга). Из используемых в отечественной селекции видов в постоянном каталоге коллекции ВИР – 2537 обр. вики посевной (*V. sativa* L. subsp. *sativa*), 389 обр. вики мохнатой (*V. villosa* Roth *subsp. villosa*), 110 обр. вики мышиной (*V. cracca* L.), 560 обр. вики горькой (*V. ervilia* (L.) Willd.) и 60 обр. вики паннонской (*V. pannonica* Crantz). Потенциал рода *Vicia* для селекции в РФ, безусловно, не ограничивается только этими видами.

Самый широко используемый в мире и РФ вид – вика посевная – ценная, как и все вики, кормовая и используемая на сидераты культура. Согласно Н. И. Вавилову (Vavilov, 1926), первичный центр ее происхождения – Передняя Азия. Отсюда *V. sativa* распространилась, с одной стороны, в Средиземноморье, а оттуда в европейские страны. С другой стороны, двигаясь вместе с зерновыми культурами, она попала через Северный Кавказ в Поволжье, Полесье Украины, Белоруссию, в центрально-черноземные и северные районы России (Leokene, 1980).

Селекционная работа с викой посевной началась в начале XX века на Шатиловской опытной станции. Однако начало научной селекции следует отнести к 1930-м годам, когда уже на нескольких опытных станциях создали сорта с родословной.

В России издавна широко возделывали и имели большую известность местные курские, орловские, рязанские, уральские сорта-популяции вики посевной. Они были хорошо приспособлены к местным условиям. Вначале все селекционные учреждения использовали метод отбора из сортов-популяций и дикорастущих популяций. Долгое время широко возделывали такие сорта, как 'Льговская 31-292' (к-23970), 'Саранская местная' (к-27793), 'Камалинская 611' (к-27775), районированные в 1930–1940-х гг. Сорта гибридного происхождения стали появляться в 1950-х, но только в 1970-х годах метод межсортовой гибридизации становится преобладающим. Новые сорта вики посевной стали продуктивнее. Но по-прежнему проблемой оставалась сильная зависимость продуктивности и продолжительности периода вегетации от условий года (Kurlovich et al., 1995).

Вика мохнатая – культура сравнительно молодая. Впервые на ее ценные хозяйственные и биологические свойства обратили внимание в Англии, где *V. villosa*, под названием «большой русской вики», известна с 1815 г. Широко распространена в странах Европы, США, Канаде, Австралии и др. В России, Прибалтике, Украине первые посевы появились около ста лет назад (Korenev, 1979). Несмотря на высокую кормовую ценность и использование в промежуточных посевах, вика мохнатая озимая не подвергалась тщательной селекционной проработке. Поэтому не решены проблемы скороспелости, одновременного созревания, устойчивости к полеганию, к неблагоприятной перезимовке. Имеющиеся сорта выведены в основном методом отбора из популяций (Kurlovich et al., 1995). Отсутствие гарантированной зимостойкости сдерживает широкое распространение этого вида в РФ.

Образцы коллекции ВИР за годы существования коллекции стали основой для многих сортов вики, селекцией которой в РФ занимаются 36 селекционных учреждений. В ГРСД включено 59 сортов четырех видов вики: 47 сортов вики посевной яровой, 7 сортов вики мохнатой озимой и один сорт вики мохнатой яровой, три сорта вики мышиной, один сорт вики горькой. Из них только один сорт вики зарубежной селекции.

Только в начале XXI века в РФ начали заниматься селекцией многолетнего и очень полиморфного вида *V. cracca*, обладающего широким ареалом. Зарегистрированные сорта вики мышиной рекомендованы для залужения неудобий и бросовых земель, для сенокосно-пастбищного

использования, возделывания в кормовых севооборотах и для создания долголетних сенокосов на склоновых и малопродуктивных землях.

Внимание селекционеров привлекла также вика горькая или чечевица французская – ценная однолетняя кормовая культура, отличающаяся большой засухоустойчивостью и исключительной скороспелостью. Выращиваемая в основном в засушливых районах, на неполивных участках, *V. ervilia* может вызревать в северных районах нашей страны и давать большую зеленую массу. На корм употребляют семена и вегетативную массу, получают нежное питательное сено (Voluzneva, Andreeva, 1991).

Долгие годы в РФ возделывали еще один вид озимой вики – *V. pannonica*, завезенный в Россию в 1950-х из Венгрии. Однако в начале 2000-х единственный районированный в 1963 г. сорт 'Паннонская' (к-29727, первично поступивший в коллекцию из Венгрии под названием Pannonbükkony) был снят с районирования. Между тем, он и сегодня используется на кормовые цели в животноводческих предприятиях Крыма несмотря на то, что практически исчерпал свой биологический потенциал (Ostapchuk, Reinshtein, 2012).

Сведений о межвидовых скрещиваниях в роде *Vicia* очень мало. Попытки межвидовых скрещиваний с привлечением методов преодоления нескрещиваемости оказались безрезультатными (Kurlovich et al., 1995).

Генетический потенциал диких форм из близкородственного культурным видам биоразнообразия практически не используется, но представляет значительный интерес в селекции вики на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам. В коллекции ВИР имеется как минимум два вида, перспективные для культивирования в РФ: вика бенгальская (*V. benghalensis* L.) и вика нарбонская (*V. narbonensis* L). Оба вида нашли применение в мировой практике сельскохозяйственного производства.

ВИГНА (*Vigna* Savi)

В коллекции вигны сохраняется 4092 образца 9 видов рода *Vigna* Savi. Из них наиболее крупные коллекции: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. – коровий горох (1849 образцов), *V. radiata* (L.) R. Wilczek. – маш (1478), *V. angularis* (Willd.) Ohwi et Ohashi – адзуки (244) и *V. mungo* (L.) Hepper – урд (230), *V. aconitifolia* (Jacq.) Marechal (мот) – 48, *V. umbellata* (Thunb.) Ohwi et Ohashi (рисовая вигна) – 26 образцов. В основном это староместные сорта, отличающиеся исключительным разнообразием по морфологическим, фенологическим и хозяйственно ценным признакам. Коллекция включает образцы из 94 стран, в ней имеются формы и разновидности из мест происхождения культур и всех регионов, традиционно культивирующих виды вигны. Многие виды рода *Vigna* многоцелевого, преимущественно продовольственного использования, ключевые продукты питания для многих миллионов людей.

V. unguiculata, вероятно, использовалась в качестве сельскохозяйственного растения со времен неолита. В настоящее время ее выращивают в 45 странах в тропиках и субтропиках. Адзуки, мот, маш, урд и рисовая вигна важны в рационе многих людей, но также ценятся как кормовые, покровные и сидератные культуры (Fery, 2002; Abate et al., 2012). Они обладают рядом свойств, которые позволяют включать их в различные системы земледелия, успешно выращивать в экстремальных условиях (при высоких температурах, небольшом количестве осадков и на неплодородных почвах) при минимальных экономических затратах.

Из стран, входивших в состав СССР, вигна традиционно культивировалась в Грузии, Азербайджане, Армении, Абхазии (коровий горох, маш), Узбекистане, Туркмении, Казахстане (маш). В России на Дальнем Востоке издавна возделывали адзуки и маш. В южные регионы России коровий горох был завезен в 1910–1911 гг. На Кубанской, Ростово-Нахичеванской и Ейской опытных станциях испытывали преимущественно американские сорта, откуда они распространились на приусадебные участки местного населения. С 1927 по 1932 г. *V. unguiculata* включена в сортоиспытание в Госсортосети Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур (сейчас ВИР) (Usyrev, 1948). Однако попытка интродукции этой культуры из-за неудачного подбора американских позднеспелых сортов оказалась безуспешной.

Дальнейшая селекционная работа с видами *Vigna* велась в основном только в опытной сети ВИР. С 1938 г. сотрудники института на Сухумской, Среднеазиатской опытных станциях ВИР и на Херсонском опытном поле (Украина) начали создавать сорта, адаптированные к условиям юга нашей страны, используя методы гибридизации. Основной задачей селекционеров было получение высокоурожайных зерновых и овощных сортов с высоким выходом семян и зеленой лопатки, характеризующихся засухоустойчивостью, устойчивостью к нематоде и вирусной мозаике, пригодных для возделывания в пожнивных и смешанных посевах (Pavlova, 1959). В результате созданы зерновые сорта – 'ВИР 105' (к-105), 'ВИР 580' (к-580), 'Гибридная 7' (к-787), 'Штамбовый 661' и овощные – 'ВИР 642' (к-642), 'ВИР 797' (к-797), 'ВИР 632' (к-632) и др. Все зерновые сорта могут выращиваться в смешанных посевах с сорго и кукурузой. Они имеют кустовую форму, отличаются скороспелостью, урожайностью и пригодны к механизированной уборке. Овощные сорта доходят до технической спелости за 60–62 дня, имеют длину бобов 25–45 см, урожайность зеленых бобов до 300 ц/га. Сорта 'Штамбовый 661' и 'ВИР 642' устойчивы к вирусной мозаике (Pavlova, 1964). Следует отметить, что сорт 'Гибридная 7' выведен в результате отбора из гибридной популяции, полученной при скрещивании *V. catjang* (Burm.) Walp. (к-661) и *V. sinensis* L. (к-332).

Активно велась в ВИР селекционная работа и с коллекцией *V. radiata.* Самый первый сорт маша в России – 'Успех 99' – создан в 1930-х годах Г. М. Поповой. Затем сотрудниками Среднеазиатской опытной станции на основе коллекции ВИР выведены сорта 'Победа 104' (к-6624), 'ВИР 4730' (к-6624), 'Гибридный 4' (к-113431) и др. Это кустовые, скороспелые сорта, пригодные для использования в пожнивных посевах, где урожайность семян достигает 12,1–12,6 ц/га (Pavlova, Glushenkova, 1959). Сорт 'Победа 104' был районирован в республиках Средней Азии и возделывается в этом регионе более полувека до настоящего времени.

Несмотря на все усилия сотрудников ВИР по интродукции и внедрению в сельскохозяйственное производство видов вигны, они остаются малоизвестными в России. Их выращивают только в тех местах, где они возделывались с давних времен (на Дальнем Востоке, Кавказе и в районах, граничащих с Китаем, Средней Азией). Начиная с 2000 г. в нашей стране вновь возник интерес к коровьему гороху (*V. unguiculata*), особенно к овощным образцам из подвида *V. unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. (Burlyaeva et al., 2015). Ряд селекционных учреждений (Сибирский ботани-

ческий сад СО РАН, Федеральный научный центр овощеводства, селекционная фирма «Гавриш») занялись селекцией этой культуры. Созданы и районированы 19 сортов, большинство из которых предназначены для выращивания в теплице. Ряд сортов современной селекции выведен с участием образцов из коллекции ВИР. Сорт 'Глория' Астраханской опытной станции, созданный индивидуальным отбором из образца коллекции ВИР, может возделываться в открытом грунте в условиях Прикаспийской низменности и Нижнего Поволжья. Он отличается урожайностью зеленых лопаток и семян, устойчивостью к жаре, может расти на неплодородных почвах.

Исторические и современные данные свидетельствуют об успешном возделывании еще двух видов вигны – маша (*V. radiata*) и урда (*V. mungo*) в почвенно-климатических условиях, присущих целому ряду регионов РФ: юга Европейской части и Дальнего Востока (Pavlova, 1959; Nosirova, 2012; Vishnyakova et al., 2018). Обе культуры популярны у огородников и владельцев мелких хозяйств. Многолетнее изучение генофонда маша и урда, имеющегося в коллекции ВИР, в Астраханской области свидетельствует о хорошем потенциале продуктивности скороспелых и среднеспелых сортов в Нижнем Поволжье. Средний многолетний показатель семенной продуктивности при возделывании на поливе достигает 41–60 г/растение у образцов, созревающих за 69–80 дней, и более 80 г/растение при вегетационном периоде 81–90 дней (Burlyaeva et al., 2014).

ЧИНА (*Lathyrus* L.)

Род *Lathyrus* L. насчитывает около 200 видов. Большинство из них родом из регионов с умеренным климатом, 52 вида происходят из Европы, 30 из Северной Америки, 78 из Азии, 24 из тропической Восточной Африки и 24 из умеренной Южной Америки (Asmussen, Liston, 1998). В коллекции ВИР хранится 2055 образцов, принадлежащих к 47 видам рода, как однолетних (17 видов), так и многолетних (30), что составляет 30% от мирового видового разнообразия. Подавляющее большинство видов в коллекции – аборигены Евразии. Наиболее полно представлены: чина посевная (*L. sativus* L.) – 883 образца, ч. луговая (*L. pratensis* L.) – 155, ч. нутовидная (*L. cicera* L.) – 115, ч. шершавая (*L. hirsutus* L.) – 85, ч. лесная (*L. sylvestris* L.) – 78, ч. охряная (*L. ochrus* (L.) DC.) – 69, ч. безлисточковая (*L. aphaca* L.) – 62, ч. клубненосная (*L. tuberosus* L.) – 45, ч. злаколистная (*L. nissolia* L.) – 44, ч. танжерская (*L. tingitanus* L.) – 43, ч. широколистная (*L. latifolius* L.) – 41. Большая часть образцов из России и республик, ранее входивших в СССР.

Многие из видов *Lathyrus* используются как продовольственные, кормовые, лекарственные и декоративные культуры. Большинство чин, произрастающих в дикой природе, используются в качестве пастбищных или кормовых культур. Благодаря наличию у них многих ценных свойств (устойчивости к болезням и вредителям, холоду, засухе, затоплению, различной кислотности и засолению почв, и др.), они могут быть полезны как источники генов для генетического улучшения трех основных культурных видов – чины посевной, ч. нутовидной и ч. охряной.

В настоящее время в мире в культуру введено около 42 видов, в России – только 6: чина посевная, ч. танжерская, ч. широколистная, душистый горошек (*L. odoratus* L.), ч. лесная, ч. хлорная (*L. chloranthus* Boiss.), ч. весенняя (*L. vernus* (L.) Bernh.). Несмотря на многие ценные качества видов рода *Lathyrus*, в нашей стране они относятся к малораспространенным культурам и имеют второстепенное значение.

Наиболее известны в РФ декоративные виды – душистый горошек, чина широколистная, называемая «многолетним душистым горошком», ч. танжерская, ч. весенняя. В ГРСД (2018) зарегистрирован 31 декоративный сорт: из них 27 – душистого горошка, 2 – ч. танжерской и по одному ч. хлорной и ч. посевной. Большинство сортов селекции ФГБНУ «Федерального научного центра овощеводства».

Основной культивируемый в РФ в производственных масштабах вид – чина посевная. В Поволжье, в Центрально-Черноземных обл., в степных районах Ростовской обл., Краснодарского и Ставропольского кр. ее выращивают вместо гороха. Ранее возделывали на более обширных площадях, в том числе для получения из семян клея для производства высококачественных сортов фанеры. В этот период (с 1925 г.) селекцией культуры, не считая опытной сети ВИР, занимались 13 сельскохозяйственных опытных станций, расположенных в РСФСР (4), на Украине (3), в Молдавии (1), Закавказье (2) и Средней Азии (3). Основным источником исходного материала в селекции чины была коллекция ВИР.

Первые отечественные сорта 'Степная 12' (к-12), 'Степная 21' (к-21), 'Степная 287' (к-287) были созданы на Степной опытной станции ВИР (ныне НИИСХ Центрально-Черноземной полосы им. В. И. Докучаева) в 1925–1933 гг. Эти сорта около 70 лет числились в ГРСД и широко использовались в производстве. В 1949 г. на Синельниковской селекционно-опытной станции (сейчас Синельниковская селекционно-опытная станция Института сельского хозяйства степной зоны Национальной Академии аграрных наук Украины) велась работа по созданию сортов с улучшенными вкусовыми качествами. С участием образцов с Кипра из коллекции ВИР был создан сорт 'Голубка' (к-1220), характеризующийся семенами гороховидной формы, зелеными семядолями, прекрасной разваримостью и высоким содержанием белка. На Куйбышевской (Безенчукской) областной государственной сельскохозяйственной опытной станции (Самарский НИИСХ им. Н. М. Тулайкова) и Чакинской селекционной опытной станции (Тамбовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства) при использовании местных образцов Средиземноморского происхождения выведены продуктивные и устойчивые к ржавчине сорта – 'Безенчукская' (к-1522), 'Кинельская 7' (к-1246) и 'Чакинская 308' (к-1249). В настоящее время в ГРСД (2018) находится 5 сортов чины посевной селекции ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (г. Саратов) и Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур (г. Орел), которые также были созданы с привлечением образцов из коллекции ВИР. Всего с использованием образцов из мировой коллекции было создано 28 сортов чины посевной.

Межвидовые и межродовые скрещивания чины удаются с трудом. Попытки скрестить *Lathyrus sativus* с видами *Pisum* или другими видами чины не привели к успеху: гибриды были нежизнеспособны или не могли сформировать семена (Ochatt et al., 2004). Только в опытах по гибридизации *L. sativus* с видами *L. cicera* и *L. amphicarpos* L. были получены растения с жизнеспособными, нормально сформированными семенами (Addis, Narayan, 2000). В России известны сведения

лишь о нескольких удачных скрещиваниях между дикорастущими *L. sativus* из Индии и Афганистана и *L. cicera* из Армении. Гибриды первого поколения по мощности развития растений приближались к чине посевной, по строению боба – к чине нутовидной, цветки имели пурпурную окраску. Повторные скрещивания позволили получить растения, превосходящие родителей по высоте и числу ветвей. Данные гибриды перспективны для выведения новых кормовых сортов чины. Межродовые скрещивания с горохом, проводившиеся с целью передать гороху устойчивость к вредителям и болезням, не имели успеха (Zalkind, 1953).

Многие виды *Lathyrus* по содержанию белка и других питательных веществ в зеленой массе, сене и семенах, превосходят другие зернобобовые культуры (Burlyaeva et al., 2012; Solovyeva et al., 2018). К сожалению, в нашей стране селекция кормовых сортов чины практически не ведется. Известен лишь один сорт чины лесной – 'Поволжская 94' (к-2028) (Кинельская селекционная станция, ФГБНУ «Поволжский НИИ селекции и семеноводства им. Н. П. Константинова», г. Кинель). По нашим наблюдениям, многие образцы *L. sylvestris* очень перспективны для выращивания в России в качестве кормовых растений. Они отличаются засухоустойчивостью, зимостойкостью и долговечностью (жизненный цикл 25–50 лет), урожай зеленой массы достигает 270 ц/га, содержание белка в ней – 24,0%, в семенах – 34,5%.

ЛЮПИН (*Lupinus* L.)

По различным данным, число видов люпина варьирует от 164 (https://www.itis.gov.) до 878 (Maysuryan, Atabekova, 1974). По происхождению виды люпина разделяются на 2 группы: люпины Старого (Европа, Африка) и Нового (Северная и Южная Америка) Света. В настоящее время к первой группе отнесено 12 видов люпина. В странах Северной и Южной Америки сосредоточено наибольшее видовое разнообразие рода *Lupinus* L.

В коллекции ВИР насчитывается 2930 образцов 51 вида, а также около 20 межвидовых гибридов люпина. Страны Старого Света представлены 9 видами: *L. albus* L. – 497, *L. angustilolius* L. – 875, *L. atlanticus* Glads. – 9, *L. cosentinii Guss*. – 25, *L. digitatus* Forsk. – 6, *L. hispanicus* Boiss. et Reut. – 18, *L. luteus* L. – 868, *L. micrantus* Guss. – 5 и *L. pilosus* Murr. – 16 образцов. Также в коллекции присутствуют такие виды, как *L. linifolius* Roth. (7 обр.) и *L. opsianthus* Atab. et Maiss. (2 обр.). Последние два вида представляют интерес для использования в селекции на повышение продуктивности, они дают гибриды с высокой и стабильной продуктивностью при скрещивании с люпином узколистным. Большая часть образцов (70%) – местные сорта, остальные 30% – дикие формы. В коллекции также 42 вида из стран Нового Света. Наибольшим числом образцов представлены такие виды, как *L. elegans* H. B. K. – 20, *L. hartwegii* Lindl. – 17, *L. hybridus* Lem. – 21, *L. pubescens* Benth. – 18, *L. succulentus* Dougl. – 25, *L. polyphyllus* Lindl. – 120 образцов. Из этих образцов 80% – дикие формы, остальные 20% – селекционный материал и немногочисленные сорта.

Коллекция ВИР включает как виды, имеющие в настоящее время важное хозяйственное значение (люпин узколистный, люпин желтый и люпин белый), так и дикорастущие, перспективные для использования в селекции виды. Первые два из перечисленных видов введены в культуру лишь в середине XIX века, а люпин белый – очень древняя культура (доместикация проходила в 5450–1325 гг. до нашей эры) (Zohary et al., 2012). Селекционная работа с еще тремя средиземноморскими видами (люпин атлантический, люпин песчано-равнинный [или Косентина] и люпин мохнатый) проводится в Австралии, Чили, Беларуси и др. Эти виды отличаются крупносемянностью, продуктивностью, способны расти на щелочных почвах (pH = 9). Американские виды люпина, произрастающие в разных экологических условиях – от Аляски до юга Чили, от побережья океана до альпийских и субальпийских лугов, – ценный исходный материал для селекции. Среди большого разнообразия американских видов люпина единственный древний окультуренный вид (3450–1800 до н.э.) – люпин изменчивый (*L. mutabilis* Sweet.) (Atchison et al., 2016). Семена этого вида содержат много белка (42–50%) и масла (12–16%) (Chmeleva et al., 1991), а растения формируют большую зеленую массу. Однако использование вида в селекции ограничивает довольно длинный вегетационный период. Эту проблему можно решить, скрещивая этот вид с более скороспелыми видами. Скороспелостью отличаются *L. barkeri* Lindl., *L. bicolor* Lindl., *L. truncates* Nutt., *L. nanus* Dougl. и *L. succulentus* (вегетационный период в условиях Ленинградской области составляет от 65 до 78 дней). Люпин суккулентный кроме короткого вегетационного периода выделяется многосемянностью. Биохимический состав многих американских видов отличается высоким содержанием белка, масла и сбалансированным жирнокислотным составом. В частности, высокий процент масла и белка отмечен в семенах люпина украшенного (*L. ornatus* Dougl.) и опушенного (*L. pubescens*) – 9,54 и 46,09%; 10,54 и 44,09% соответственно (Egorova et al, 2016).

В селекционном процессе в Российской Федерации используется 4 вида люпина: л. белый, л. желтый, л. узколистный, л. многолистный. В ГРСД (2018) включено 11 сортов люпина белого, 10 – люпина желтого, 25 сортов люпина узколистного и несколько сортов многолетнего вида люпина многолистного (*L. polyphyllus*), используемого как сидерат и в качестве декоративного растения. В отличие от многих других сидератов, люпин многолистный способен расти на бедных почвах, быстро отрастать после зимы, давать несколько урожаев зеленой массы за сезон. В ГРСД (2018) включен безалкалоидный сорт люпина многолистного 'Первенец'. Он выведен методом гибридизации безалкалоидного образца ВИР 6 (к-3492) с алкалоидным образцом 'Пушкинский' (к-1364) с последующим отбором высокопродуктивной стабильной безалкалоидной формы. Содержание алкалоидов в абсолютно сухом веществе – на уровне сортов люпина желтого (0,0039–0,017%).

Среди американских видов много декоративных: широко известны гибриды Рассела (сорта, полученные в результате гибридизации люпина многолистного и некоторых других видов). В ГРСД (2018) включен декоративный сорт люпина Хартвега (*L. hartwegii*). В коллекции имеются и другие высоко декоративные виды: *L. albococcineus* Hort., *L. ornatus* Dougl., *L. elegans*. Эти виды могут быть рекомендованы для селекции в РФ и дальнейшего использования полученных сортов в популярной и стремительно развивающейся отрасли цветоводства.

НУТ (*Cicer* L.)

Нут занимает третье место в мире по посевным площадям среди зернобобовых культур и четвертое – по производству (FAOSTAT). Основные мировые посевы нута сосредоточены в Индии, Пакистане, Иране, Австралии, Турции и странах Средиземноморского бас-

сейна. В России его начали возделывать в южных областях страны только в конце XVIII века. Начало селекции и производства нута в России относят к 1930-м годам (Germantzeva, 2014). Между тем, Н. И. Вавилов еще в начале 1920-х годов, отмечая высокую засухоустойчивость культуры, устойчивость ко многим заболеваниям и вредителям, наносящим значительный ущерб другим зерновым бобовым культурам, а также его высокую потенциальную продуктивность, считал нут перспективной культурой, особенно для районов страны, отличающихся засушливым климатом (Vavilov, 1922). Им лично из экспедиций на Памир, в Афганистан, Средиземноморье, Туркестан, Закавказье и др. было привезено в ВИР более 200 образцов нута (Vishnyakova, Ozerskaya, 2017).

Основоположник селекции нута в России П. Н. Константинов в условиях сухостепной зоны Поволжья на Краснокутской опытной станции начал улучшение культуры с изучения местного материала, собранного на полях крестьянских хозяйств Поволжья, а также небольшой коллекции, полученной из ВИР (Konstantinov, 1926). С тех пор коллекция нута ВИР становится необходимым источником исходного материала для отечественной и отчасти зарубежной селекции этой культуры.

По современным данным, род *Cicer* L. включает 43 вида: 9 однолетних и 34 многолетних (Van der Maesen, 1987), из которых только один культиген – *C. arietinum* L. В коллекции ВИР 3386 образцов культурного нута и 34 образца семи диких однолетних видов *Cicer*: *C. pinnatifidum* Jaub. & Spach, *C. judaicum* Boiss., *C. echinospermum* P. H. Davis, *C. reticulatum* Lad., *C. bijugum* K. H. Rech., *C. yamashitae* Kitamur, *C. cuneatum* Hochst. ex Rich.

Первые образцы поступили в коллекцию в 1916 г. Ее уникальность определяют староместные сорта, собранные в экспедициях по регионам произрастания диких видов рода и возделывания культурного вида, включая центры происхождения: первичный – Юго-Западная Азия и Средиземноморье, и вторичный – Эфиопия (Vavilov, 1926). Ареал диких видов нута типично древнесредиземноморский, вытянутый от Марокко на западе до Гималаев на востоке, с южной границей по 30–32 параллелям с. ш., и северной до 41° с. ш. (Popov, 1929).

Долгие годы нут не был в числе приоритетных культур в России. Однако в наше время его посевные площади в РФ многократно возросли, достигнув в 2018 г. 450 тыс. га (FAOSTAT). Это связано с увеличением спроса на зерно нута как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Его производят в Северо-Кавказском, Средневолжском, Нижневолжском, Уральском, Западно-Сибирском и Центрально-Черноземном регионах.

В ГРСД (2018) – 24 сорта нута, из которых 10 созданы российскими селекционерами за последние пять лет.

Дикие виды нута известны устойчивостью к целому ряду патогенов и абиотическим стрессорам. Имеющиеся в коллекции ВИР дикие виды представлены образцами, изученными в ИКАРДА и охарактеризованными следующим образом. Образцы *C. judaicum* и *C. pinnatifidum* – источники устойчивости к аскохитозу; *C. bijugum*, *C. echinospermum*; *C. judaicum*, *C. pinnatifidum* и *C. reticulatum* – к фузариозу, *C. chorassanicum*, *C. cuneatum*, *C. judaicum*, и *C. yamashitae* – к минирующей мухе; *C. bijugum*, *C. cuneatum*, *C. echinospermum*, *C. judaicum* и *C. reticulatum* толерантны к поражению зерновкой; *C. pinnatifidum*, *C. bijugum* и *C. reticulatum* устойчивы к нематоде; *C. bijugum* – к пониженным температурам воздуха, а представители *C. reticulatum* обладают еще и засухоустойчивостью. Перенос желательных генов в культурный нут путем интрогрессивной селекции осуществляется за рубежом, преимущественно в Индии, как методами традиционной гибридизации, так и с привлечением биотехнологий (Kumar et al., 2011). По скрещиваемости с культурным нутом дикие виды отнесены к трем группам, в пределах которых виды скрещиваются, но с представителями других несовместимы (Ladizinsky, Adler, 1976). В первую группу отнесены культурный вид *C. arietinum* и его ближайшие дикие родичи *C. reticulatum* и *C. echinospermum.* Гибриды между культигеном и этими видами приводили к получению фертильных и устойчивых к стрессорам форм (Van der Maesen, 1980). Во вторую группу вошли *C. judaicum*, *C. bijugum* и *C. pinnatifidum*, имеющие постзиготические репродуктивные барьеры с культурным нутом, не позволяющие получить жизнеспособные гибриды. В третью группу отнесен эндемик Эфиопии *C. cuneatum* – единственный вид нута с вьющимся стеблем. Поскольку он обнаружил полную нескрещиваемость со всеми видами первой и второй групп, его считают наиболее отдаленным диким родичем культурного нута.

Учитывая повышенное внимание к культуре нута и оживление селекционной работы в нашей стране, мы уверены, что использование диких видов нута в отечественной селекции не за горами. Как показал многолетний опыт по размножению образцов из коллекции ВИР, дикие виды хорошо вегетируют и образуют семена в условиях Краснодарского края, а при рассадном способе выращивания – даже в Тамбовской области (Bulyntsev et al., 2015). Поэтому исходный материал для таких скрещиваний в коллекции ВИР имеется.

ФАСОЛЬ (*Phaseolus* L.)

Род *Phaseolus* L. насчитывает 50–70 видов (Budanova, 1990). Четыре наиболее важных в экономическом отношении культурных однолетних вида, имеющие центрально- и южноамериканское происхождение, сохраняются в коллекции ВИР: *Phaseolus vulgaris* L. – фасоль обыкновенная (7590 обр.), *P. lunatus* L. – фасось лимская, лима (64 обр.), *P. coccineus* L. – фасоль огненная, многоцветковая (74 обр.), *P. acutifolius* A. Gray – тепари, остролистная (62 обр.). Образцы происходят из 102 стран мира и имеют различный селекционный статус. Большая часть коллекции (61%) представлена образцами европейского происхождения, образцы из Северной и Южной Америки составляют 17% коллекции, генофонд стран Азии – 16%. Значимое место в коллекции занимают образцы из РФ и бывших союзных республик. Таким образом, коллекция фасоли ВИР является важным источником исходного материала для отечественной селекции.

Наиболее широко распространена во всем мире фасоль обыкновенная (*P. vulgaris*). Посевные площади под фасолью сконцентрированы в тропических и субтропических поясах обоих полушарий; более половины сосредоточено в Америке. Весьма популярна фасоль и в европейских странах. В России продовольственное значение эта культура приобрела в третьей четверти XIX века, а до этого использовалась как декоративное растение. Фасоль выращивают в качестве продовольственной культуры на Северном Кавказе, в Центрально-Черноземной зоне, на юге Нечерноземной зоны и в Западной Сибири; скороспелые кустовые сорта – в условиях Северо-Запада

России. Это единственный вид фасоли, имеющий производственные площади в РФ; они небольшие и не превышают 4000 га ежегодно. Образцы *P. vulgaris* составляют основную часть коллекции (97%), из них селекционные сорта – 45%, местные – 55%, коммерческие – 5% коллекции. Материал из России представлен 755 образцами. Среди них имеются селекционные сорта, раннеспелые образцы из Вятской, Саратовской и Воронежской областей, кустовые – из Восточной Сибири, местные – из Амурской области и Приморского края. Но самое большое количество образцов получено из Краснодарского края и Ростовской области, где фасоль всегда была популярной культурой.

Начало развития селекции фасоли в России относится к 1920-м годам. История отечественной селекции изложена нами ранее (Buravtseva at al., 2018). Здесь мы ограничимся современным состоянием селекции фасоли в РФ. В настоящее время создаются сорта овощного, зернового и универсального направлений использования (Tsyganok, 2014; Miroshnikova, 2015; Kazydub et al., 2016; Parkina, 2016). Успехи селекции фасоли дают основание ожидать в перспективе гораздо большего внимания к этой культуре со стороны селекционеров и расширения ее производства в нашей стране. Селекционным улучшением культуры занимаются не менее 7 учреждений как на европейской территории РФ (ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, Самарский НИИСХ, ФНЦ овощеводства), в Западной Сибири (Омский ГАУ, Новосибирский ГАУ), так и на Кавказе (ВНИИ риса, Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства). В ГРСД (2018) включено 22 сорта зерновой и 136 сортов овощной фасоли. Все сорта зернового направления использования российской селекции, в то время как овощная фасоль на 20% представлена зарубежными сортами.

Основная задача современной селекции фасоли в России – создание высокопродуктивных сортов с высоким адаптивным потенциалом, устойчивых к болезням, вредителям, абиотическим стрессорам, пригодных к механизированному возделыванию, а также имеющих высокое качество семян, что предполагает сбалансированный аминокислотный состав и высокое содержание белка. Для сортов фасоли овощного направления особое значение приобретает качество бобов (содержание сахарозы, аскорбиновой кислоты, минеральных веществ, отсутствие пергаментного слоя и волокна в створках) (Kazydub et al., 2017). В коллекции фасоли, которой уже более ста лет, имеется исходный материал по всем указанным аспектам улучшения культуры.

P. lunatus выращивают в США, Мексике, Гватемале, Колумбии, Перу, Бирме, Индии. Это второй по популярности вид фасоли, что объясняется хорошими вкусовыми качествами, высокой урожайностью, хорошей разваримостью семян, устойчивостью к болезням и вредителям (Budanova, 1988). В коллекции ВИР *P. lunatus* на 70% представлена селекционными сортами. Посевные площади культуры в России незначительны, селекцией в настоящее время занимаются мало. Между тем, ранее на Крымской опытно-селекционной станции ВИР в результате спонтанной гибридизации были получены урожайные и устойчивые к болезням сорта ‘Сахарная 116’ (к-10006) и ‘Пестропалевая’ (к-8946), районированные в 1953 году в Краснодарском крае.

P. coccineus – наиболее близкий к обыкновенной фасоли вид. В дикорастущем состоянии встречается в Мексике и Гватемале. В культуре известна в США, Мексике, Гватемале, Перу и Чили. В качестве декоративного растения ее выращивают в США и многих странах Европы. Молодые бобы и зрелые семена идут в пищу (Ivanov, Budanova, 1973). Имеет преимущественно вьющиеся формы, реже – кустовые. В России производственных посевов нет, но выращивается повсеместно на садовых участках. В коллекции ВИР многоцветковая фасоль представлена как селекционными, так и местными сортами из Германии, Англии, Италии, России, республик бывшего СССР.

P. acutifolius в культуре представлена широколистной разновидностью (var. *latifolius* Freem.), распространена в США и Северной Мексике. В начале XX века остролистную фасоль завезли в Россию, но здесь она распространения не получила (Ivanov, Budanova, 1973). Вид отличается неприхотливостью и засухоустойчивостью, поэтому заменяет в засушливых районах фасоль обыкновенную; может использоваться также на корм и как сидерат. Адаптивный потенциал данного вида приспособлен к южным районам РФ с засушливым климатом. Образцы *P. acutifolius*, имеющиеся в коллекции ВИР, получены из республик бывшего СССР, Мексики и США.

БОБЫ (*Vicia faba* L.)

Бобы конские (*Vicia faba* L.) – культура продовольственного (овощного), кормового, сидерационного направлений использования, адаптированная к огромному диапазону широт и высот. На север они поднимаются до 63-й параллели, на юге спускаются до Австралии. В тропической Америке их возделывают на высоте 3700 м н. у. м., куда доходят лишь немногие культурные растения (Muratova, 1931). Наряду с другими достоинствами бобовых, они отличаются высокой потенциальной урожайностью семян и зеленой массы, относительной неполегаемостью стебля, содержат большое количество белка – до 34,5% и крахмала – 33,2–53,4% (Zong et al., 2006). Мировые лидеры по производству этой культуры – Китай, Эфиопия, Марокко, Австралия.

Происхождение вида до сих пор вызывает множество дискуссий, поскольку дикий предок неизвестен (Muratova, 1931; Ladizinsky, 1975; Kosterin, 2014, и др.). Многочисленные попытки скрестить вид с любым из его родичей не увенчались успехом (Bond et al., 1985; Cubero, 2005). Все близкие виду родичи имеют диплоидный набор 2n = 14, в то время как у бобов – 2n = 12. К тому же размер генома *V. faba* (13,3 пн) значительно превосходит таковой у представителей других видов рода (Raina, Rees, 1983). Эти факты, а также нескрещиваемость *V. faba* с ДРКР свидетельствуют о том, что этот вид генетически далек от других видов рода и, следовательно, является монофилетическим. Между тем, вопрос о диком предке не теряет актуальности в связи с возможностью расширения генетического разнообразия культуры.

Бобы – одна из «базовых» культур, доместицированных в западной Сирии в непосредственной близости от Средиземного моря в X тысячелетии до н. э. (Tanno, Wilcox, 2006). Район Юго-Западной Азии с восточными границами у Гималаев рассматривают как главный центр происхождения *V. faba*. Средиземноморский регион считается вторичным центром. Анализ распределения видовых признаков выявил две отличительные группы на двух противоположных концах этого региона: формы с крупными семенами на Западе и мелкосеменные формы, сосредоточенные в Юго-Западной Азии, включая Индию, Афганистан, Бухару и Кашмир. Восточная группа, обла-

дающая большей территорией, – более древняя, восходит к неолитической культуре, с наибольшим количеством эндемических форм и разнообразием признаков вида, имеющих много специфических черт, отсутствующих в западной группе (Muratova, 1931).

Само слово «фаба» произошло от одной из форм греческого глагола φαγεω – «есть». До середины XX века – начала импорта в Европу сои – бобы составляли основной источник растительного белка как для пищи, так и для корма во многих европейских странах. В Россию они попали, вероятнее всего, из Болгарии в V–VI веках (Muratova, 1931).

Наибольшие площади в России бобы занимали в 1930–1960-х гг. В настоящее время производственные площади кормовых бобов в РФ занимают не более 3500 га (FAOSTAT); данные о производстве овощных бобов нам недоступны. Между тем, селекцией овощных и кормовых бобов занимаются Научный центр овощеводства, ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, Тульский, Калужский, Пензенский НИИ сельского хозяйства, Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (г. Орел), ВИР и несколько частных агрофирм. В ГРСД (2018) – 12 сортов кормового направления использования и 14 овощных. Все сорта отечественной селекции. Однако за последние пять лет создано только 2 кормовых сорта и 4 сорта овощных бобов.

Наиболее актуальные признаки в современной селекции как кормовых, так и овощных сортов: высокое содержание белка (до 34–37%), скороспелость, детерминантный тип роста стебля, неполегаемость, высокая семенная продуктивность, нерастрескиваемость бобов, их одновременное созревание, отсутствие или минимальное содержание антипитательных веществ – вицина, конвицина и танина. Безусловную важность имеет устойчивость к болезням, особенно к шоколадной пятнистости (*Botrytis faba* Sard.), аскохитозу, ржавчине, мучнистой росе и др. (Flores et al., 2013).

Коллекция бобов ВИР насчитывает 1951 образец, происходящий из 67 стран мира, в том числе и из центров происхождения культуры. В ней имеются источники всех перечисленных признаков. Этот факт, а также возможность выращивать и осуществлять семеноводство культуры в условиях Северо-Запада РФ позволили ВИР стать оригинатором сорта овощных бобов ‘Вировские’, а также принять участие в создании овощного сорта ‘Анна’ и кормового сорта ‘Дружные’ (автор и соавтор – С. В. Булынцев).

ЧЕЧЕВИЦА (*Lens culinaris* Medik.)

Чечевица тарелочная (*Lens culinaris* Medik.) относится к роду *Lens* Miller, который, помимо культурного, включает в себя несколько диких видов. Монограф культуры Е. И. Барулина, работавшая в ВИР, описывала 5 видов *Lens*: *L. esculenta* Moench, (*L. culinaris* Medik.), *L. lenticula* (Schreb.) Alef., *L. nigricans* (M. B.) Godr., *L. kotschyana* (Boiss) Alef., *L. orientalis* (Boiss.) Hand.-Mazz., выделяя два подвида обыкновенной чечевицы (*macrosperma* (Baumg. pro var.) Barul. и *microsperma* (Baumg. pro var.) Barul.), 6 географических групп и 58 разновидностей (Barulina, 1930). Описание разновидностей культурной чечевицы Е. И. Барулиной актуально по сей день.

Дискуссии о видовом составе рода *Lens* продолжаются до сих пор. Однако, принимая во внимание морфологические и цитологические характеристики, данные молекулярного анализа, большинство исследователей признают систему Г. Ладизинского (Ladizinsky, Muehlbauer, 1993), выделяющего 6 видов рода *Lens* с двумя подвидами культигена: *L. culinaris* Medik. subsp. *culinaris* Ladiz., *L. culinaris* subsp. *orientalis* (Boiss.) Ponert, *L. odemensis* Ladiz., *L. ervoides* (Brign) Grande., *L. nigricans* (M.Bieb.) Godr., *L. tomentosus* Ladiz., *L. lamottei* Czefr. (Oss et al., 1997; Cubero et al., 2009). Мы придерживаемся системы Е. И. Барулиной и для таксонов *L. culinaris* и *L. orientalis* признаем видовой статус.

Первичным центром происхождения культурной чечевицы считают Юго-Западную Азию (район между Гималаями и Гиндукушем) с вторым разобщенным центром (очагом) в Эфиопии. Средиземноморье – вторичный центр происхождения и разнообразия культуры (Barulina, 1937). Культура входит в число 8 «базовых» культур и возделывается с глубокой древности (Cubero et al., 2009).

Распространение диких видов *Lens* охватывает страны Средиземноморского бассейна и продолжается далее на восток вплоть до Таджикистана (Ladizinsky, Muehlbauer, 1993).

Коллекция чечевицы ВИР начала формироваться в 1916 г. На данный момент она насчитывает 3100 образцов: 3080 культигена *L. culinaris* и 20 образцов 6 диких видов: *L. orientalis*, *L. odemensis*, *L. ervoides*, *L. nigricans*., *L. tomentosus*, *L. lamottei*. Наибольшую ценность представляют местные сорта, собранные экспедициями Н. И. Вавилова по Средиземноморью, Северной Америке, Афганистану, Среднеазиатским республикам. Их не менее 400 (Vishnyakova, Ozerskaya, 2017).

Дикие виды рода *Lens* характеризуются полустелющимися невысокими сильно ветвящимися побегами. Они формируют мелкие семена с темной пигментированной оболочкой, мелкие бобы, которые растрескиваются сразу же после созревания, разбрасывая семена. Все эти характеристики не позволяют культивировать дикие виды непосредственно, хотя на растении может формироваться больше бобов и семян в сравнении с культурной чечевицей. Изучение диких родичей чечевицы показало, что они имеют ряд ценных признаков, утерянных культурным видом в процессе доместикации и селекции. Выявлены образцы *L. nigricans*, устойчивые к фузариозу, мучнистой росе и ржавчине (Gupta, Sharma, 2006; Sing et al., 2014); *L. ervoides*, устойчивые к антракнозу и аскохитозу (Tullu et al.., 2006; 2010); образец *L. orientalis*, устойчивый к агрессивным австралийским изолятам *Ascochyta lentis* Vassiljevsky (Dadu et al., 2017). Показано, что в семенах диких видов содержание ингибиторов протеаз не выше, чем у сортов *L. culinaris* (Benken, Boluzneva, 1977; Suvorova et al., 2004).

Культурная чечевица легко скрещивается с видом *L. orientalis.* С остальными видами она совместима в большей или меньшей степени. За рубежом с использованием культуры изолированных семяпочек получены гибриды различных комбинаций, которые использовались в генетических или молекулярных исследованиях (Ladizinsky et al., 1985; Fratini, Ruis, 2006; Saha et al., 2015). Целенаправленно дикие виды включены в селекционные программы в Канаде, где ведутся исследования по интрогрессии генов устойчивости к антракнозу *L. ervoides* в геном культурной чечевицы (Tullu et al., 2010). В Индии созданы инбредные селекционные линии, полученные в результате межвидовой гибридизации (Singh et al., 2018). Несмотря на многочисленные попытки скрещиваний диких видов с культурным, в практику селекции они не вошли: в мире не было сортов чечевицы, созданных с участием ДРКР. Одна из главных причин этого – длинный селекционный цикл, обусловленный необходимостью избавления от нежела-

тельных генов, ассоциированных с интрогрессируемыми признаками (Singh et al., 2018).

В РФ исследования по межвидовой гибридизации чечевицы проводятся в Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур (г. Орел). Получены рекомбинантные по окраске цветка, семенной кожуры и семядолей селекционные линии от скрещивания культурной чечевицы с видами *L. orientalis* и *L. tomentosus* (Suvorova, 2014). В 2017 г. районирован сорт чечевицы 'Восточная' (к-3054), выведенный путем многократного индивидуального отбора на семенную продуктивность из гибридной популяции сорт Рауза × *L. orientalis* ILWL7. Сорт имеет желтые семена, устойчив к растрескиванию бобов и осыпанию семян. Молекулярный анализ подтвердил интрогрессию генетического материала дикорастущего вида в геном культурной чечевицы (Suvorova et al., 2016). Это первый в мире сорт, созданный с участием зародышевой плазмы дикорастущего таксона *L. orientalis.*

В ГРСД (2018) внесены 24 сорта чечевицы, 20 из которых отечественной селекции и 4 канадской. Все они, за исключением сорта 'Восточная', созданы в результате отбора и гибридизации в пределах культурного вида.

Заключение

Подводя итог нашему достаточно краткому обзору видового разнообразия коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР, можно констатировать, что оно может использоваться в отечественной селекции и растениеводстве более эффективно. Это в первую очередь касается малоиспользуемых и недооцененных культур, таких как фасоль, чина, а в последнее время и бобы. Это также относится к культурам, адаптивный потенциал которых приспособлен лишь к определенным и ограниченным регионам РФ, но и там площади возделывания этих культур, в частности видов вигны, могут быть значительно шире. Необходимо более полно использовать виды дикой флоры, рассматривая их как ресурс (1) для непосредственного использования в качестве пастбищных, сидерационных, фиторемедиционных культур, (2) для интрогрессивной селекции, (3) для введения в культуру. Последнее особенно применимо к тем видам, которые оценены в системе опытных станций ВИР и показали значения селекционно значимых признаков, сопоставимые или превосходящие таковые у культигенов, а также тех, которые культивируются в других странах в аналогичных агроклиматических условиях. Особенно актуальным это становится в наше время поиска путей диверсификации продукции растениеводства, улучшения качества продуктов питания и качества жизни в целом, ресурсов для импортозамещения продукции сельского хозяйства.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме 0662-2019-0002 «Научное обеспечение эффективного использования мирового генофонда зернобобовых культур и их диких родичей коллекции ВИР».

References/Литература

Abate T., Alene A.D., Bergvinson D., Shiferaw B., Silim S., Orr A., Asfaw S. Tropical Grain Legumes in Africa and South Asia: Knowledge and Opportunities. Nairobi, Kenya: ICRISAT; 2012.

Addis G., Narayan R.K.J. Interspecific hybridisation of *Lathyrus sativus* (guaya) with wild *Lathyrus* species and embryo rescue. *African Crop Science Journal.* 2000;8(2):129-136.

Ala A.Ya., Tilba V.A. Soybean: Genetic methods of breeding *G. max* (L.) Merr. × *G. soja* (Soya: Geneticheskiye metody selektsii *G. max* (L.) Merr. × *G. soja*). Blagoveshchensk; 2005. [in Russian] (Ала А.Я., Тильба В.А. Соя: Генетические методы селекции *G. max* (L.) Merr. × *G. soja*. Благовещенск; 2005).

Asmussen C., Liston A. Chloroplast DNA Characters, Phylogeny, and Classification of *Lathyrus* (Fabaceae). *American Journal of Botany*. 1998;85(3):387-401.

Atchison G.W., Nevado B., Eastwood R.J., Contreras-Ortiz N., Reynel C., Madriñán S., Filatov D.A., Hughes C.E. Lost crops of the Incas: Origins of domestication of the Andean pulse crop tarwi, *Lupinus mutabilis. American Journal of Botany.* 2016;103(9):1592-1606.

Barulina E.I. Lentils of the USSR. and of other countries (Chechevitsa SSSR i drugikh stran). Leningrad; 1930. [in Russian] (Барулина Е.И. Чечевица СССР и других стран. Л.; 1930).

Benken I.I., Voluzneva T.A. Activity of trypsin inhibitors and protein content in seeds of lentils and peavine (Aktivnost ingibitorov tripsina i soderzhaniye belka v semenakh chechevitsy i chiny). *Byulleten VIR = Bulletin of VIR.* Leningrad; 1977;73:29-34. [in Russian] (Бенкен И.И., Волузнева Т.А. Активность ингибиторов трипсина и содержание белка в семенах чечевицы и чины. Бюлл. ВИР. Л.: ВИР;1977;73:29-34).

Berdnikov V.A., Trusov Y.A., Bogdanova V.S., Kosterin O.E., Rozov S.M., Nedelkina S.V., Nikulina Y.N. The neoplastic pod gene (*Np*) may be a factor of resistance to the pest *Bruchus pisorum* L. *Pisum Genetics*. 1992;24:37-39.

Birch A.N.E., Tithecott M.T., Bisby F.A. *Vicia johannis* and wild relatives of the faba bean: a taxonomic study. *Econ. Bot*. 1985;39:177-190.

Bobkov S.V., Selikhova T.N. Obtaining of interspecific hybrids for pea introgressive breeding. *Ecological genetics.* 2015;13(3):40-49. [in Russian] (Бобков С.В., Селихова Т.Н. Получение межвидовых гибридов для интрогрессивной селекции гороха. *Экологическая генетика*. 2015;13(3):40-49).

Bobkov S.V., Selikhova T.N., Bychkov I.A. Agronomically valuable traits from wild pea species *Pisum fulvum* (Khozyaystvenno tsennye priznaki obraztsov dikogo vida gorokha *Pisum fulvum*). *Legumes and Groat Crops*. 2016;4(20):41-46. [in Russian] (Бобков С.В., Селихова Т.Н., Бычков И.А. Хозяйственно ценные признаки образцов дикого вида гороха *Pisum fulvum*. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016;4(20):41-46).

Bogdanova V.S., Kosterin O.E. Hybridization barrier between *Pisum fulvum* Sibth et Smith and *P. sativum* L. is partly due to nuclear-chloroplast incompatibility. *Pisum genetics.* 2009;39:8-9.

Bond D.A., Lawes D.A., Hawtin G.C., Saxena M.C., Stephens J.S. Faba Bean (*Vicia faba* L.). In: Summerfield R.J., Roberts E.H. (eds). *Grain Legume Crops*. London: William Collins Sons Co Ltd; 1985. p.199-265.

Brown T.A., Jones M.K., Powell W., Allaby R.G. The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. *Trends in Ecology and Evolution.* 2009;24(2):103-109.

Budanova V.I. History of the study on *Phaseolus lunatus* L. and some characteristic features of its genetics (Istoriya izucheniya i nekotorye osobennosti genetiki *Phaseolus lunatus* L.). *Sbornik nauchnykh trudov po prikladnoy botanike, genetike i selektsii = Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* Leningrad: VIR; 1988;117:60-65. [in Russian] (Буданова В.И. История изучения и некоторые особенности генетики *Phaseolus lunatus* L. *Сб. науч. трудов по прикл. ботанике, генетике и селекции*. Л.: ВИР; 1988;117:60-65).

Budanova V.I. *Phaseolus* genetics (Genetika fasoli). In: *Cultivated plant genetics: legumes, vegetables, melons* (*Genetika kulturnykh rasteniy: zernobobovye, ovoshchnye, bakhchevye*).

Leningrad: Agropromizdat; 1990. p.81-110. [in Russian] (Буданова В.И. Генетика фасоли. В кн.: *Генетика культурных растений: зернобобовые, овощные, бахчевые*. Л.: Агропромздат; 1990. С.81-110).

Bulyntsev S.V., Novikova L.Yu., Gridnev G.A., Sergeev E.A., Nekrasov A.Yu., Gurkina M.V. Features of the vegetation of collection accessions of wild chickpea species (*Cicer* L.) in Tambov Province (Osobennosti vegetatsii kollektsionnykh obraztsov dikikh vidov nuta (*Cicer* L.) v usloviyakh Tambovskoy oblasi). *Legumes and Groat Crops.* 2015;4(16):55-61. [in Russian] (Булынцев С.В., Новикова Л.Ю., Гриднев Г.А., Сергеев Е.А., Некрасов А.Ю., Гуркина М.В. Особенности вегетации коллекционных образцов диких видов нута (*Cicer* L.) в условиях Тамбовской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2015;4(16):55-61).

Buravtseva T.V., Egorova G.P., Vishnyakova M.A. Passport database of VIR's bean collection as a tool for systemizing bean genetic diversity, studying the collection's history, and monitoring the crop's worldwide breeding [an overview] (Pasportnaya baza dannykh kollektsii fasoli VIR kak instrument sistematizatsii geneticheskogo raznoobraziya, izucheniya istorii kollektsii i monitoringa mirovoy selektsii kultury [obzor]). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2018;179(4):164-176. [in Russian] (Буравцева Т.В., Егорова Г.П., Вишнякова М.А. Паспортная база данных коллекции фасоли ВИР как инструмент систематизации генетического разнообразия, изучения истории коллекции и мониторинга мировой селекции культуры (обзор). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(4):164-176).

Burlyaeva M.O., Gurkina M.V., Chebukin P.A. Studies of long-podded cowpea from VIR collection and the prospects of its cultivation in Russia (Izucheniye sparzhevoy vigny iz kollektsii VIR i perspektivy yeyo vozdelyvaniya v Rossii). *Zemledelie.* 2015;1:45-48. [in Russian] (Бурляева М.О., Гуркина М.В., Чебукин П.А. Изучение спаржевой вигны из коллекции ВИР и перспективы ее возделывания в России. *Земледелие*. 2015;1:45-48).

Burlyaeva M.O., Gurkina M.V., Tikhonova N.I. Catalogue of the VIR Global Collection (Katalog mirovoy kollektsii VIR). Issue 818. Green gram, black gram. Source material for breeding under irrigation in the Caspian Depression (Mash, urd. Iskhodny material dlya selektsii pri oroshenii v usloviyakh Prikaspiyskoy nizmennosti). St. Petersburg: VIR; 2014. [in Russian] (*Бурляева М.О., Гуркина М.В., Тихонова Н.И.* Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 818. Маш, урд. Исходный материал для селекции при орошении в условиях Прикаспийской низменности. СПб.: ВИР; 2014).

Burlyaeva M.O., Solovyeva A.E., Nikishkina M.A., Rasulova M.A., Zolotov S.V. Species of the genus *Lathyrus* L. from N. I. Vavilov Institute (VIR) collection – the source of initial material for high-protein forage varieties breeding (Kollektsiya vidov roda *Lathyrus* L. VIR im. N.I. Vavilova – istochnik iskhodnogo materiala dlya selektsii vysokobelkovykh kormovykh sortov chiny). *Legumes and Groat Crops.* 2012;4:62-71. [in Russian] (Бурляева М.О., Соловьева А.Е., Никишкина М.А., Расулова М.А., Золотов С.В. Коллекция видов рода *Lathyrus* L. ВИР им. Н.И. Вавилова – источник исходного материала для селекции высокобелковых кормовых сортов чины. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2012;4:62-71).

Chmeleva Z.V., Benken I.I., Kurlovich B.S., Malofeeva A.E., Golubeva N.O., Lavrinova V.I., Baranova E.A., Varich N.V., Kartuzova L.T., Nikishkina M.A. Catalogue of the VIR global collection; Issue 568. Lupin [biochemical characterization of accessions] (Lyupin [biokhimicheskaya kharakteristika obraztsov]). Leningrad: VIR; 1991. [in Russian] (Чмелева З.В., Бенкен И.И., Курлович Б.С., Малофеева А.Е., Голубева Н.О., Лавринова В.И., Баранова Е.А., Варич Н.В., Картузова Л.Т., Никишкина М.А. *Каталог мировой коллекции ВИР.* Выпуск. 568. Люпин (биохимическая характеристика образцов). Л.: ВИР; 1991).

Cubero J.I., Nadal S. Faba bean (*Vicia faba* L.). In: Singh R.J., Jauhar P.P. (eds). *Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement: grain legumes*; Vol.1; Ch6; Boca Raton, USA: CRC; 2005. p.163-186.

Cubero J. I., Perez de la Vega M., Fratini R. Origin, phylogeny, domestication and spread. In: *The lentil: botany, production and uses*; 2009. p.13-33. DOI: 10.1079/9781845934873.0013

Dadu R.H.R., Ford R., Sambasivam P., Gupta D. A novel *Lens orientalis* resistance source to the recently evolved highly aggressive Australian *Ascochyta lentis* isolates. *Front. Plant Sci*. 2017;8:1038. DOI: 10.3389/fpls.2017.01038

Dempewolf H., Eastwood R.J., Guarino L., Khoury C.K., Müller J.V., Toll J. Adapting agriculture to climate change: a global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. *Agroecology and Sustainable Food Systems.* 2014;38(4):369-377. URL: https://doi.org/10.1080/21683565.2013.870629

Egorova G.P., Shelenga T.V., Proskuryakova G.I. Biochemical composition of seeds of *Lupinus* species from VIR collection (Biokhimichesky sostav semyan vidov Lupinus iz kollektsii VIR). In: Proceedings of the International Scientific Conference *Ways to Increase Efficiency of Plant Genetic Resources Utilization in Grain Legume Breeding* (*Puti povysheniya effektivnosti ispolzovaniya geneticheskikh resurson zernobobobykh v selektsii*); St. Petersburg, Nov. 01–03, 2016. p.53-54 [in Russian] (Егорова Г.П., Шеленга Т.В., Проскурякова Г.И. Биохимический состав семян видов *Lupinus* из коллекции ВИР. В кн.: Материалы международной научной конференции "*Пути повышения эффективности использования генетических ресурсов зернобобовых в селекции*". СПб., 01–03 ноября 2016. С.53-54).

FAOSTAT. Available from: http://www.fao.org/faostat/ru (accessed Jan. 22, 2019).

Fery F.L. New opportunities in *Vigna.* In: Janick J., Whipkey A. (eds). Trends in new crops and new uses. Alexandria, VA: ASHS Press; 2002. p.424-428.

Flores F., Hybl M., Knudsen J.C., Marget P., Muel F., Nadal S., Narits L., Raffiot B., Sass O., Solis I., Winkler J., Stoddard F.L., Rubiales D. Adaptation of spring faba bean types across European climates. *Field Crops Research.* 2013;145:1-9.

Ford-Lloyd B.V., Schmidt M., Armstrong S.J. et al. Crop wild relatives – undervalued, underutilized and under threat? *BioScience*. 2001;61(7):559-565. URL: https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.7.10

Fratini R., Ruiz M.L. Interspecific hybridization in the genus *Lens* applying *in vitro* embryo rescue. *Euphytica.* 2006;150(1-2):271-280. DOI: 10.1007/s10681-006-9118-3

Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rev. Ed. Rome: FAO; 2014 (available on http://www.fao.org/3/a-i3704e.pdf).

Germantseva N.I. Chickpea breeding in the environment of the dry steppe zone of the Volga region (Selektsiya nuta v usloviyakh sukhostepnoy zony Povolzhya). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2014;175(3):66-82 [in Russian] (Германцева Н.И. Селекция нута в условиях сухостепной зоны Поволжья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2014;175(3):66-82).

Gupta D., Sharma S.K. Evaluation of wild *Lens* taxa for agro-morphological traits, fungal diseases and moisture stress in North Western Indian Hills. *Gen. Resour. Crop Evol.* 2006;53(6):1233–1241. URL: https://doi.org/10.1007/s10722-005-2932-y

Harlan J.R., de Wet J.M.J. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*. 1971; 20(4):509-517. DOI: 10.2307/1218252

Hymowitz T., Newell C.A. Taxonomy of the genus *Glycine*, domestication and uses of soybeans. *Economic Botany*. 1981;35(3):272-288. DOI: 10.1007/BF02859119

Integrated Taxonomic Information System. 2018. Available from: https://www.itis.gov (accessed Jan. 10, 2019).

Ivanov N.R., Budanova V.I. To the systematics of the genus *Phaseolus* L. (K sistematike roda *Phaseolus* L.). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1973;51(1):18-32

[in Russian] (Иванов Н.Р., Буданова В.И. К систематике рода *Phaseolus* L. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1973;51(1):18-32).

Joshi T., Valliyodan B., Wu J.H., Lee S.H., Xu D., Nguyen H.T. Genomic differences between cultivated soybean, *G. max* and its wild relative *G. soja*. *BMC Genomics*. 2013;14(Suppl 1):S5. DOI: 10.1186/1471-2164-14-S1-S5

Kazydub N. G., Korobeynikova M.M., Radchenko E.S. Cultivars of dry beans bred at Omsk Agrarian University in the southern forest-steppe of Western Siberia (Sorta fasoli zernovoy selektsii Omskogo GAU dlya usloviy yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri). In: Nekrasova E.V. (ed.). *Grain Legumes: A Developing Trend in Russia. First International Forum* (*Zernobobovye kultury – razvivayushcheyesya napravleniye v Rossii. Pervy Mezhdunarodny Forum*); Omsk Agrarian University; Omsk: Printing Center KAN; 2016. p.63-66. [in Russian] (Казыдуб Н.Г., Коробейникова М.М., Радченко Е.С. Сорта фасоли зерновой селекции Омского ГАУ для условий южной лесостепи Западной Сибири. В сб.: *Зернобобовые культуры – развивающееся направление в России. Первый Международный Форум* / под ред. Некрасовой Е.В. Омский ГАУ; Омск: Полиграфический центр КАН; 2016. С.63-66).

Kazydub N.G., Marakaeva T.V., Kotsyubinskaya O.A. Yield capacity and chemical composition of green beans in cultivars of kidney bean bred at Omsk Agrarian University in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Vegetable Crops of Russia*. Moscow: Viva-Star; 2017;2:50-54. [in Russian] (Казыдуб Н.Г., Маракаева Т.В., Коцюбинская О.А. Урожайность и химический состав зеленых бобов сортов фасоли овощной селекции Омского ГАУ в условиях южной лесостепи Западной Сибири. // *Овощи России*. Москва: Вива-Стар; 2017;2:50-54).

Komolykh V.O., Komolykh O.M., Komolykh R.V. Features of the new generation of soybean cultivars bread at the Far East Research Institute of Agriculture [Ivan Karamanov, Batya] (Osobennosti sortov soi novogo pokoleniya selektsii DVNIISKh [Ivan Karamanov, Batya]). In: Proceedings of the International Scientific Conference *Ways to Increase Efficiency of Plant Genetic Resources Utilization in Grain Legume Breeding* (*Puti povysheniya effektivnosti ispolzovaniya geneticheskikh resurson zernobobobykh v selektsii*); St. Petersburg, Nov. 01–03, 2016. p.59-62. [in Russian] (Комолых В.О., Комолых О.М., Комолых Р.В. Особенности сортов нового поколения селекции ДВНИИИСХ (Иван Караманов, Батя). В кн.: Материалы международной научной конференции "*Пути повышения эффективности использования генетических ресурсов зернобобовых в селекции*". СПб., 01–03 ноября 2016. С.59-62).

Komolykh V.O., Komolykh O.M., Komolykh R.V. Ivan Karamanov: a soybean cultivar of a new generation (Ivan Karamanov – sort soi novogo pokoleniya). *Far East Agrarian Bulletin*. 2009;2(10):22-25. [in Russian] (Комолых В.О., Комолых О.М., Комолых Р.В. Иван Караманов – сорт сои нового поколения. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2009;2(10):22-25).

Konstantinov P.N. Chickpea and its cultivation in the Volga region (Nut i ego kultura v Zavolzhye). Pokrovsk: Nemizdat; 1926. [In Russian]. (Константинов П.Н. Нут и его культура в Заволжье. Покровск: Немиздат; 1926).

Korenev V.G. Biological properties of winter hairy vetch – a valuable feeding crop (Biologicheskiye osobennosti ozimoy viki mokhnatoy – tsennoy kormovoy kultury). *Agricultural Biology*. 1979;14(1):26-30. [in Russian] (Коренев В.Г. Биологические особенности озимой вики мохнатой – ценной кормовой культуры. *Сельскохозяйственная биология*. 1979;14(1):26-30).

Kosterin O.E. Prospects of the use of wild relatives for pea (*Pisum sativum* L.) breeding (Perspektivy ispolzovaniya dikikh sorodichey v selektsii gorokha [Pisum sativum L.]). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2015;19(2):154-164. [in Russian] (Костерин О.Э. Перспективы использования диких сородичей в селекции гороха [*Pisum sativum* L.]. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015;19(2):154-164).

Kosterin O.E. The lost ancestor of the broad bean (*Vicia faba* L.) and the origin of plant cultivation in the Near East. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2014;18(4/1):831-840.

Kosterin O.E., Bogdanova V.S., Galieva E.R. Reciprocal compatibility within the genus *Pisum* L. as studied in F_1 hybrids: 2. Crosses involving *P. fulvum* Sibth. et Smith. *Genet. Resour. Crop Evol*. 2019;66(2):383-399. DOI: 10.1007/s10722-018-0714-6

Kumar S., Imtiz M., Gupta S., Pratap A. Distant hybridization and alien gene introgression. In: Pratap A., Kumar J. (eds). *Biology and Breeding of Food Legumes*; CAB International; 2011. p.81-110.

Kurlovich B.S., Repyev S.I., Shchelko L.G., Budanova V.I., Petrova M.V. et al. Genetic diversity and breeding of grain legumes (lupin, vetch, soybean and common bean) (Genofond i selektsiya zernovykh bobovykh kultur [lyupin, vika, soya, fasol]). In: *Theoretical Principles of Plant Breeding* (*Teoreticheskiye osnovy selektsii*); Vol. 3. St. Petersburg: VIR; 1995. [in Russian] (Курлович Б.С., Репьев С.И., Щелко Л.Г., Буданова В.И., Петрова М.В. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур. В кн.: *Теоретические основы селекции*; Т. 3. СПб.: ВИР; 1995).

Ladizinsky G. On the origin of the broad bean *Vicia faba* L. *Israel J. Bot*. 1975;24:80-88.

Ladizinsky G., Muehlbauer F.J. Wild lentils. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 1993;12(3):169-184. DOI: 10.1080/07352689309701900

Ladizinsky G., Adler A. Genetic relationships among the annual species of *Cicer* L. *Theoretical and Applied Genetics*. 1976;48(4):197-203. DOI: 10.1007/BF00527371

Ladizinsky G., Cohen D., Muehlbauer F.J. Hybridization in the genus *Lens* by means of embryo culture. *Theoretical and Applied Genetics*. 1985;70(1):97-101. DOI: 10.1007/BF00264489

Leokene L.V. Contribution to the history of common vetch cultivation (K istorii kultury viki posevnoy). *Byulleten VIR* = *Bulletin of VIR*. 1980;97:20-24 [in Russian] (Леокене Л.В. К истории культуры вики посевной. *Бюллетень ВИР*. 1980;97: 20-24).

Leshchenko A.K., Sichkar V.I., Mikhailov V.G., Maryushkin V.G. Soybean (genetics, selection, seed farming) (Soya [genetika, selektsiya, semenovodstvo]). Kiev: 1987. [in Russian] (Лещенко А.К., Сичкарь В.И., Михайлов В.Г., Марьюшкин В.Г. Соя (генетика, селекция, семеноводство). Киев: 1987).

Makasheva R.Kh. Pea (Gorokh). In: *Cultivated Flora of the USSR* (*Kulturnaya flora SSSR*). Leningrad: Kolos; 1979. [in Russian] Макашева Р.Х. Горох. В кн.: *Культурная флора СССР*. Л.: Колос; 1979).

Maxted N., Ambrose M. Peas (*Pisum* L.). In: Maxted N., Bennett S.J. (eds). *Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean*. Ser.: Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture; vol.39, Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.; 2001. p.181-190. DOI: 10.1007/978-94-015-9823-1

Maysuryan N.A., Atabekova A.I. Lupin (Lyupin). Moscow: Kolos; 1974. [in Russian] (Майсурян Н.А., Атабекова А.И. Люпин. М.: Колос; 1974).

Miroshnikova M.P. Contemporary gene resource and directions of haricot been breeding (Sovremenny genofond i napravleniya selektsii zernovoy fasoli). *Zemledelie*. 2015;4(2):43-45 [in Russian] (Мирошникова М.П. Современный генофонд и направления селекции зерновой фасоли. *Земледелие*. 2015;4(2):43-45).

Muratova V.S. Common beans (*Vicia faba* L.) (Boby [*Vicia faba* L.]). Leningrad; 1931. [in Russian] (Муратова В.С. Бобы (*Vicia faba* L.). Л.; 1931).

Nosirova M.D. Scientific substantiation of crop stubble (Asian beans – *Phaseolus aureus* P) cultivation techniques on irrigated lands in Tajikistan (Nauchnoye obosnovaniye priyemov vozdelyvaniya pozhnivnogo masha [aziatskoy fasoli – *Phaseolus aureus* P.) v usloviyakh oroshayemykh zemel Tadzhikistana). Author's synopsis of the Dr. Agric. Sci. thesis. Dushanbe; 2012. [in Russian] (Носирова М.Д. Научное

обоснование приемов возделывания пожнивного маша (азиатской фасоли – *Phaseolus aureus* P.) в условиях орошаемых земель Таджикистана: автореф. дисс. ... д. с.-х. н. Душанбе; 2012).

Ochatt S.J., Benabdelmouna A., Marget P., Aubert G., Moussy F., Pontécaille C., Jacas L. Overcoming hybridization barriers between pea and some of its wild relatives. *Euphytica*. 2004;137(3):353-359. DOI: 10.1023/B:EUPH.0000040476.57938.81

Oss H., Aron Y., Ladizinsky G. Chloroplast DNA variation and evolution in the genus *Lens* Mill. *Theor. Appl. Genet*. 1997;94:452-457.

Ostapchuk P.C., Reinshtein L.N. Prospects for the use of winter vetch in the steppe Crimea (Perspektivy ispolzovaniya viki ozimoy v stepmom Krymu). *Byulleten GNBS = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2012;105:79-83. [in Russian] (Остапчук П.С., Рейнштейн Л.Н. Перспективы использования вики озимой в степном Крыму. *Бюллетень ГНБС*. 2012;105:79-83).

Parkina O.V. Cultivation technology features of green bean in the forest-steppe of the Ob river basin (Osobennosti tekhnologii vozdelyvaniya fasoli ovoshchnoy v usloviyakh lesostepi Priobya). In: Nekrasova E.V. (ed.). *Grain Legumes: A Developing Trend in Russia. First International Forum* (*Zernobobovye kultury – razvivayushcheyesya napravleniye v Rossii. Pervy Mezhdunarodny Forum*); Omsk Agrarian University; Omsk: Printing Center KAN; 2016. p.96-100. [in Russian] (Паркина О.В. Особенности технологии возделывания фасоли овощной в условиях лесостепи Приобья. В сб.: *Зернобобовые культуры – развивающееся направление в России. Первый Международный Форум /* под ред. Некрасовой Е.В. Омский ГАУ; Омск: Полиграфический центр КАН; 2016. С.96-100).

Pavlova A.M. Cowpea: sister of common bean (Vigna – sestra fasoli). *Zernobobovye kultury = Grain Legumes*. 1964;1:16-18. [in Russian] (Павлова А.М. Вигна – сестра фасоли. *Зернобобовые культуры*. 1964;1:16-18).

Pavlova A.M. The value of vegetable cowpea for breeding (Znacheniye sparzhevoy vigny dlya selektsii). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1959;32(3):228-232. [in Russian] (Павлова А.М. Значение спаржевой вигны для селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 1959:32(3):228-232).

Pavlova A.M., Glushenkova N.I. Agriculture of Uzbekistan (Selskoye khozyaystvo Uzbekistana). Issue 5. Tashkent; 1959. p. 75-77. [In Russian] (Павлова А.М., Глушенкова Н.И. Сельское хозяйство Узбекистана. Вып. 5. Ташкент; 1959. С.75-77).

Popov M.G. The genus *Cicer* and its species (experience of morphological and geographical monographs) (Rod *Cicer* i yego vidy [opyt morfologicheskoy i geograficheskoy monografii]). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1929;21(1);1-240. [In Russian]. (Попов М.Г. Род *Cicer* и его виды (опыт морфологической и географической монографии). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1929;21(1):1-240).

Raina S.N., Rees H. DNA variation between and within chromosome complements of *Vicia* species. *Heredity.* 1983;51:335-346.

Repyev S.I., Stankevich A.K., Leokene L.V. et al. Vetch (Vika). In: *Cultivated Flora* (*Kulturnaya flora*); Vol. IV, Part 2; St. Petersburg: VIR; 1999. [in Russian] (Репьев С.И., Станкевич А.К., Леокене Л.В. и др. Вика. В кн.: *Культурная флора*; Т. IV, Ч. 2; СПб.: ВИР; 1999).

Saha S., Tullu A., Yuan H.Y., Lulsdorf M.M., Vandenberg A. Improvement of embryo rescue technique using 4-chloroindole-3 acetic acid in combination with in vivo grafting to overcome barriers in lentil interspecific crosses. *Plant Cell Tiss Organ Cult*. 2015;120:109-116. DOI: 10.1007/s11240-014-0584-3

Selikhova T.N., Bobkov S.V. Electrophoretic analysis of proteins in seeds of *Pisum* L. (Elektroforeticheskiy analiz belkov semyan gorokha *Pisum* L.). *Legumes and Groat Crops*. 2013;4(8):19-27. [In Russian] (Селихова Т.Н., Бобков С.В. Электрофоретический анализ белков семян гороха *Pisum* L. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2013;4(8):19-27).

Shchegorets O.V. Zolotnitsky's era (Epokha Zolotnitskogo). *Far East Agrarian Bulletin*. 2016;4(40):190-194. [in Russian] (Щегорец О.В. Эпоха Золотницкого. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2016;4(40):190-194).

Sherman-Broyles S., Bombarely A., Powell A.F., Doyle J.L., Egan A.N., Coate J.E., Doyle J.J. The wild side of a major crop: soybean's perennial cousins from Down Under. *Am J Bot*. 2014;101(10):1651-1665. DOI: 10.3732/ajb.1400121

Singh M., Bisht I.S., Kumar S., Dutta M., Bansal K.C. et al. Global wild annual *Lens* collection: A potential resource for lentil genetic base broadening and yield enhancement. *PLoS ONE*. 2014;9(9):112-113. DOI: 10.1371/journal.pone.0107781

Singh M., Sharma S.K., Singh B., Malhotra N., Chandora R., Sarker A., Singh K., Gupta D. Widening the genetic base of cultivated gene pool following introgression from wild *Lens* taxa. *Plant Breeding*. 2018;137(4):1-16. DOI: 10.1111/pbr.12615

Singh R. J., Nelson R. L. Intersubgeneric hybridization between *Glycine max* and *G. tomentella*: production of F_1, amphidiploid, BC_1, BC_2, BC_3, and fertile soybean plants. *Theoretical and Applied Genetics.* 2015;128(6):1117-1136. DOI: 10.1007/s00122-015-2494-0

Solovyeva A.E., Shelenga T.V., Burlyaeva M.O. Biologically active substances of some species of the genus *Lathyrus* L. (Biologicheski aktivnye veshchestva nekotorykh vidov roda *Lathyrus* L.) *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(3):159-166. [in Russian] (Соловьева А.Е., Шеленга Т.В., Бурляева М.О. Биологически активные вещества некоторых видов рода *Lathyrus* L. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(3):159-166).

Suvorova G. Hybridization of cultivated lentil *Lens culinaris* Medik. and wild species *Lens tomentosus* Ladizinsky. *Czech J. Gen. Plant Breed*. 2014;50(2):130-134.

Suvorova G.N., Ikonnikov A.V., Yankov I.I., Kostikova N.O., Bobkov S.V., Kotlyar A.I. The use of the wild species *Lens orientalis* in lentil breeding (Ispolzovaniye dikorastushchego vida *Lens orientalis* v selektsii chechevitsy). *Legumes and Groat Crops*. 2016;3(19):52-56. [in Russian] (Суворова Г.Н., Иконников А.В., Яньков И.И., Костикова Н.О., Бобков С.В., Котляр А.И. Использование дикорастущего вида *Lens orientalis* в селекции чечевицы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016;3(19):52-56).

Suvorova G.N., Kondykov I.V., Skotnikova E.A., Shipilova H.A., Yankov I.I. Characteristics of wild lentil species *Lens* Mill. In: *Scientific Support for the Production of Legumes and Groat Crops* (*Nauchnoye obespecheniye proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kultur*). Orel; 2004. p.219-225. [in Russian] (Суворова Г.Н., Кондыков И.В., Скотникова Е.А., Шипилова Н.А., Яньков И.И. Характеристика дикорастущих видов чечевицы *Lens* Mill. В кн.: *Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур*. Орел. 2004. С.219-225).

Tanno K., Willcox G. The origins of cultivation of *Cicer arietinum* L. and *Vicia faba* L.: early finds from Tell el-Kerkh, north-west Syria, late 10th millennium B.P. *Veget. Hist. Archaeobot*. 2006;15:197-204. DOI: 10.1007/s00334-005-0027-5

The Second Report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. FAO; Rome; 2010.

Tilba V.A. Problems of scientific provision of soybean production in the Far East region of Russia (Problemy nauchnogo obespecheniya proizvodstva soi v Dalnevostochnom regione Rossii). *Maslichnye kultury = Oil Crops*. 2012;2(151-152):3-9. [in Russian] (Тильба В.А. Проблемы научного обеспечения производства сои в Дальневосточном регионе России. *Масличные культуры*. 2012;2(151-152):3-9).

Tilba V.A., Ala A.Ya., Fomenko N.D. Gene pool of soybean and creation of adaptive varieties of northern ecotype (Genofond soi i sozdaniye adaptivnykh sortov severnogo ekotipa). Available from: http://www.infotechno.ru/ros-

soya/dok_tilba2.php (accessed Jan. 16, 2019) [in Russian] (Тильба В.А., Ала А.Я., Фоменко Н.Д. Генофонд сои и создание адаптивных сортов северного экотипа. Доступно по: http://www.infotechno.ru/ros-soya/dok_tilba2.php (дата обращения 16.01.2019).

Tsyganok N.S. About hybridization in breeding of new green pea and bean varieties: results and prospects (O gibridizatsii v prakticheskoy selektsii ovoshchnykh sortov gorokha i fasoli: retrospektiva i perspektiva). *Agricultural Biology*. 2014;1:26-30. [in Russian] (Цыганок Н.С. О гибридизации в практической селекции овощных сортов гороха и фасоли: ретроспектива и перспектива. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;1:26-30).

Tullu A., Banniza S., Tar'an B., Warkentin T., Vandenberg A. Sources of resistance to ascochyta blight in wild species of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Gen. Resour. Crop Evol*. 2010;57(7):1053-1063. DOI: 10.1007/s10722-010-9547-7

Tullu A., Buchwaldt L., Lulsdorf M., Banniza S., Barlow B., Slinkard A.E., Sarker A., Tar'an B., Warkentin T., Vandenberg A. Sources of resistance to anthracnose (*Colletotrichum truncatum*) in wild *Lens* species. *Gen. Resour. Crop Evol*. 2006;53(1):111-119. DOI: 10.1007/s10722-004-1586-5

USDA-ARS. U.S. National Plant Germplasm System. Query Crop Relatives in GRIN-Global. Available from: https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearchcwr.aspx (accessed Jan. 16, 2019).

Usyrev I.P. Cowpea crop (Kultura vigny). Rostov-on-Don: Rostov Reg. Publ.; 1948. [in Russian] (Усырев И.П. Культура вигны. Ростов-на-Дону: Ростовское обл. книгоизд.; 1948).

Van der Maesen L.J.G. Origin, history, and taxonomy of chickpea. In: *The Chickpea*. London: CAB International; 1987.

Vavilov N.I. Centers of origin of cultivated plants (Tsentry proiskhozhdeniya kulturnykh rasteniy). *Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding*. 1926;16(2). [in Russian] (Вавилов Н. И. Центры происхождения культурных растений. *Труды по прикладной ботанике и селекции*. 1926;16[2]).

Vavilov N.I. Field crops of the Southeast (Polevye kultury Yugo-Vostoka). *Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding*. 1922; Suppl.23. [in Russian]. Вавилов Н.И. Полевые культуры Юго-Востока. *Труды по прикладной ботанике и селекции*. 1922; прилож.23).

Vishnyakova M.A., Burlyaeva M.O., Samsonova M.G. Green gram and black gram: prospects of cultivation and breeding in Russian Federation (Mash i urd: perspektivy selektsii i vozdelyvaniya v Rossiyskoy Federatsii). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(8):957-966. [in Russian]. (Вишнякова М.А., Бурляева М.О., Самсонова М.Г. Маш и урд: перспективы селекции и возделывания в Российской Федерации. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(8):957-966). DOI: 10.18699/VJ18.438

Vishnyakova M.A., Ozerskaya T.M. N.I. Vavilov's expeditions as a source of replenishment of grain legumes genetic resources of VIR collection (Ekspeditsii N.I. Vavilova kak istochnik popolneniya kollektsii geneticheskikh resursov zernobobovykh VIR). *Legumes and Groat Crops*. 2017;4(24):7-13. [in Russian]. (Вишнякова М.А., Озерская Т.М. Экспедиции н.и. вавилова как источник пополнения коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2017;4(24):7-13).

Voluzneva T.A., Andreeva N.N. Sources of economically valuable characters in French lentil (*Ervilia sativa* Link.) (Istochniki khozyaystvenno-tsennykh priznakov chechevitsy frantsuzskoy [*Ervilia sativa* Link.])// *Byulleten VIR* = *Bulletin of VIR*. 1991;213:66-68. [in Russian] (Волузнева Т.А., Андреева Н.Н. Источники хозяйственно-ценных признаков чечевицы французской (*Ervilia sativa* Link.). *Бюллетень ВИР*. 1991;213:66-68).

Zalkind F.L. Grasspea (Tchina). Moscow; Leningrad: Selkhozgiz; 1953. [in Russian] (Залкинд Ф.Л. Чина. М.; Л.: Сельхозгиз; 1953).

Zelenov A.N., Zelenov A.A. Increase of bioenergy potential of plant – actual problem of selection of peas (Povysheniye bioenergeticheskogo potentsiala rasteniya – aktualnaya problema selektsii gorokha). *Legumes and Groat Crops*. 2016;4(20):9-15. [in Russian] (Зеленов А.Н., Зеленов А.А. Повышение биоэнергетического потенциала растения – актуальная проблема селекции гороха. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016;4(20):9-15).

Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World: the Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. Oxford; 2012.

Zolotnitsky V.A. Soybean in the Far East (Soya na Dalnem Vostoke). Khabarovsk; 1962. [in Russian] (Золотницкий В.А. Соя на Дальнем Востоке. Хабаровск; 1962)

Zong X., Cheng X., Wang S. Food legume crops. In: *Crops and its relative species in China – Grain crops*. Beijing: China Agriculture; 2006. p.406-479.

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

Вишнякова М.А., Александрова Т.Г., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Егорова Г.П., Семенова Е.В., Сеферова И.В., Суворова Г.Н. Видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и его использование в отечественной селекции (обзор). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):109-123. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-109-123

Vishnyakova M.A., Aleksandrova T.G., Buravtseva T.V. Burlyaeva M.O., Egorova G.P., Semenova E.V., Seferova I.V., Suvorova G.N. Species diversity of the VIR collection of grain legume genetic resources and its use in domestic breeding. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):109-123. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-109-123

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-109-123

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ С ТЕРРИТОРИИ ИНДОНЕЗИИ, ШРИ-ЛАНКА (ЦЕЙЛОН) И НЕПАЛА[1]

[1] Продолжение статьи «Мобилизация генетических ресурсов растений с территории Индии»

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-124-132
УДК 631/523(540)
Поступление/Received: 02.04.2019
Принято/Accepted: 10.06.2019

Н. П. ЛОСКУТОВА, Т. М. ОЗЕРСКАЯ

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

MOBILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES FROM THE TERRITORIES OF INDONESIA, SRI LANKA (CEYLON) AND NEPAL

N. P. LOSKUTOVA, T. M. OZERSKAYA

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

Статья посвящена мобилизации генетических ресурсов растений в коллекцию ВИР с территории Индонезии, Шри-Ланка (Цейлон) и Непала в результате экспедиционных обследований; выписки и обмена образцами. Первая, самая продолжительная и единственная довоенная экспедиция в Индонезию и Шри-Ланка профессора В. В. Марковича проходила в 1926–1928 гг. Он обследовал о. Ява, Сингапур и о. Цейлон и собрал 772 образца. В 1957 году по линии МИД СССР Д. В. Тер-Аванесян в качестве советника по сельскому хозяйству при Посольстве СССР в Индии досконально познакомился с растительными ресурсами и сельским хозяйством Непала. С 1960-х годов усилилась интродукция растительных ресурсов и появилась возможность организовывать планомерные экспедиционные поездки. За период с 1960 по 1991 годы были проведены пять экспедиций в Индонезию, Шри-Ланка и Непал. В 1960 году Д. В. Тер-Аванесян посетил научные учреждения о. Ява, познакомился с основными направлениями сельского хозяйства Индонезии и собрал 302 образца. В 1974 году А. Г. Ляховкин провел специализированную экспедицию по изучению и сбору образцов и дикорастущих форм риса и других культур Непала. Делегация посетила 16 сельскохозяйственных опытных станций и ферм, собрала 1170 образцов. В 1985 году была проведена экспедиция в Шри-Ланка под руководством Е. Ф. Молчанова по сбору и изучению дикорастущих и культурных форм субтропических растений. Делегация посетила 5 институтов и опытных станций, 3 Ботанических сада, собрала 370 образцов. В 1988 году состоялась экспедиция по территории четырех провинций Непала под руководством Л. А. Бурмистрова с посещением 11 научных учреждений с целью изучения системы общенациональных проектов по улучшению сельскохозяйственных культур; экспедиция собрала 766 образцов. Последняя экспедиция проходила в 1991 г. в Индонезию под руководством Н. Г. Мусатенко и собрала 95 сортов и дикорастущих форм. Всего в результате экспедиционной деятельности по Индонезии, Шри-Ланка и Непалу было собрано и доставлено в Институт 3496 образцов. Кроме непосредственного сбора образцов Институт постоянно занимался и выпиской образцов. За весь довоенный период с 1925 по 1941 г. было мобилизовано 256 образцов из Индонезии, Шри-Ланка и Непала. А за период с 1948 по 2018 г. интродуцировано только 104 образца. Наибольшее количество образцов было привлечено в Институт по крупяным культурам – более 1400; по пшенице и ячменю – 458 и 627 образцов по техническим культурам. Всего за весь период существования Института из Индонезии, Шри-Ланка и Непала было мобилизовано 3843 образца, представленных 377 видами.

Ключевые слова: экспедиция, растительные ресурсы, коллекция, образцы.

The article is dedicated to the mobilization of plant genetic resources from the territories of Indonesia, Sri Lanka (Ceylon) and Nepal to VIR's collection by means of collecting explorations, germplasm requests and the exchange of accessions. The first, the longest and the only pre-war expedition to Indonesia and Ceylon was undertaken by Prof. V. V. Markovich; it lasted three years (1926–1928). He explored Java, Singapore and Ceylon, where he collected 772 germplasm samples. In 1957, D. V. Ter-Avanesyan, who worked as an agricultural attaché at the USSR Embassy in India, familiarized himself in every detail with plant resources and agriculture in Nepal. The late 1960s were marked by intensification of plant genetic resources introduction and new opportunities to organize regular collecting missions. In the period from 1960 to 1991, there were five plant exploration trips to Indonesia, Sri Lanka (Ceylon) and Nepal. In 1960, D. V. Ter-Avanesyan visited scientific institutions in Java, got acquainted with the main trends in agriculture, and collected 302 plant samples. In 1974, A. G. Lyakhovkin took part in a specialized collecting mission launched to study and collect wild forms and cultivars of rice and various other crops from Nepal. The team visited 16 experiment stations and farms and collected 1170 accessions. In 1985, an expedition team led by E. F. Molchanov collected and studied wild and cultivated forms of subtropical plants in Sri Lanka. The team visited 5 institutes and experiment stations, 3 botanical gardens, and collected 370 accessions. In 1988, another collecting team led by L. A. Burmistrov, whose task was to study the system of nation-wide projects on crop improvement, traveled over four provinces, visited 11 scientific and academic institutions of Nepal, and collected 766 germplasm samples. The last collecting trip to Indonesia was led by N. G. Musatenko in 1991. The team collected 95 varieties and wild forms. In total, the Institute's collecting and exploration activities in Indonesia, Sri Lanka (Ceylon) and Nepal added 3496 accessions to its collections. In addition to direct collecting in Indonesia, Sri Lanka (Ceylon) and Nepal, VIR has always been replenishing its holdings by seed requests. During the whole pre-war period, from 1925 through 1941, 256 germplasm accessions were added. All in all, from 1948 through 2018, 104 accessions were introduced from Indonesia, Sri Lanka (Ceylon) and Nepal. The greatest number of accessions received by the Institute represented groat crops (over 1400), followed by wheat and barley (458), and industrial crops (627). In total, during the whole period of its existence, the Institute has mobilized 3843 accessions, representing 377 plant species.

Key words: expedition, plant resources, collection, accessions.

Экспедиция В. В. Марковича по Азиатским странам первоначально должна была охватить Индию, Японию и Китай, но на самом деле оказалась более продолжительной как по времени (три года вместо планируемого одного), так и по протяженности маршрута: «Москва, Батуми, Константинополь, Персия, Яффа, Александрия, Каир, Порт-Саид, Аден, Цейлон, Коломбо, Ява, Калькутта, Токлей (в 50 км от Калькутты чайная оп. ст.), Непал, Бутан, Сикким, Дарджилинг, Китай (Шанхай), Япония (Нагасаки, Токио), Владивосток, Москва»[1]. И хотя в маршруте Н. И. Вавилов указал Непал и Бутан, В. В. Маркович по неизвестным причинам их не обследовал. Экспедиции в эти страны состоялись только в послевоенные годы. В данной статье будет описана экспедиция Марковича по островам Ява и Цейлон и пять послевоенных экспедиций: Д. В. Тер-Аванесяна и Л. И. Мусатенко в Индонезию, Е. Ф. Молчанова в Шри-Ланка, А. Г. Ляховкина и Л. А. Бурмистрова в Непал.

Экспедиции В. В. Марковича. Голландская Индия – Остров Ява. В. В. Маркович прибыл в Индонезию (о-в Ява) 1 августа 1926 г., где первым посетил знаменитый Бейтензоргский[2] (Богорский в настоящее время) ботанический сад. В то время сад был одним из отделов Департамента Земледелия Нидерландской Индии, созданного М. Трейбом (Meichior Treub был первым директором Департамента и директором Ботанического сада). Многие отделы бывшего сада уже к тому времени разрослись и превратились в Институты и отделы Департамента, как например, плодоводства, чая, кофе, переработки плодов и пр. В то время сад считался лучшим в мире по коллекциям и оборудованию, так же как и лаборатория для иностранных ученых, созданная М. Трейбом (Treub Laboratorium). В лаборатории В. В. Марковичу выделили все необходимое для работы и малайца-садовника для помощи, в частности для сбора и перекладывания гербария при сушке. Как отмечал В. В. Маркович, самый богатый в саду был отдел пальм: эндемичная яванская, сюргучная, сахарная и др., собранные со всех континентов. В саду преобладали древесные растения, в основном тропические, которые прекрасно себя чувствовали, в отличие от цитрусовых и роз (Archives of Russian Geographical Society, F. 83, In. 1, No. 49).

Что касается первого вопроса, поставленного перед В. В. Марковичем, о хинном дереве, то он описал все возделываемые виды, обследовал насаждения хинного дерева на Чинируанской хинной опытной станции (о-в Ява), хинных плантаций и фабрики Nadoratam (Нильгери, Мадрасское Президентство, Индия), хинной промышленности Ootacamund (Мадрасское Президентство, Индия). В. В. Маркович подробно изучил и описал сложную схему подготовки места, почвы, посадки и приемов выращивания хинного дерева, а также способы выработки хинина, условия хранения семян. Из нагорных субтропических областей он добыл для испытания в наших субтропиках семена различных наиболее холодостойких растений; указывал, что *Cinchona ledgeriana* [*Cinchona ledgeriana* (Howard) B. Moens ex Trimen][3] (цинхона Леджера) является очень капризным растением на Яве и для советских субтропиков тем более не подойдет. Поэтому необходимо подбирать для него устойчивые подвои. Применение *C. sussirubra* [*Cinchona succirubra* Pav. ex Klotzsch] (цинхона красносоковая) повышает устойчивость *C. ledgeriana* и ее выносливость. В. В. Маркович доказывал возможность возделывать хинное дерево в СССР при соблюдении некоторых специальных приемов ведения.

Всего В. В. Марковичем были собраны и доставлены в Союз пять видов хинного дерева: цинхона гибридная, цинхона аптечная, цинхона красносоковая, цинхона Леджера, цинхона аптечная с острова Ява и два – из Индии: цинхона аптечная, цинхона красносоковая. Как написал сам В. В. Маркович о хинной промышленности Индии: «…в сравнении с Явой – это игрушка. Там форменные леса, чуть не в обхват величиной, здесь же пестрое насаждение и вырубка деревьев не толще 20–25 см в диаметре» (Archives of Russian Geographical Society, F. 83, In. 1, No. 49, p. 85). Тем не менее, он ознакомился со способом размножения, собрал семена с гибридов и отправил в Сухуми, хотя все это сопровождалось большими трудностями.

Вторым вопросом – о нахождении каучуконосов, особенно из рода *Manihot* Mill. было подробно рассказано в очерке В. В. Марковича (Markovich, 1931) о каучуках Явы и Индии в «Трудах по прикладной ботанике, генетике и селекции». В. В. Маркович посетил коллекцию каучуконосов Культурного сада (директор доктор Cramer); плантацию каучука в Чампеа (Champeja), гуттаперчевую факторию в Чипетире (Jipetir), Каучуковую фабрику Boewaren, лабораторию по каучуку (все фабрики и плантации на Яве, которых свыше 400, объединяются в этой лаборатории) директором которой состоит De Vries, сын знаменитого голландского ботаника. В Индии на Центральной сельскохозяйственной опытной станции в Перадении ознакомился с посадками каучуковых деревьев. На Яве В. В. Марковичем были собраны семена *Manihot glaziavi* Mill. [*Manihot glaziovii* M. Arg.]. С другими видами *Manihot* (*M. dichotoma* Ule и *M. esculenta* Crantz) он познакомился на Цейлоне. Кроме каучуконосов, в саду доктора Cramer'а были чайные плантации, насаждения гуттаперчевых деревьев, кофе, прядильного банана, кокосовой пальмы, шоколадного дерева, с которыми Василий Васильевич подробно познакомился.

Третий вопрос, поставленный перед В. В. Марковичем, был добыть все возможное для интродукции в наши субтропики. В первую очередь его заинтересовали чай и сахарный тростник. Особенно подробно были обследованы насаждения чая Культурного сада, в т. ч. китайского и ассамского чая. При осмотре посадок В. В. Маркович воспользовался случаем и насобирал семян, которые лежали под деревьями. Посетил чайную факторию Чидмас (Tjiamas), Чайные плантации Малабар, Чайную факторию Pagilaran, Опытный сад технических растений Malung и кофейную факторию Bangelang. Сделал обобщение и заключения по чайной промышленности острова Ява. В Индии посетил посадки чая в Центральной сельскохозяйственной опытной станции в Перадении. В результате был собран и привезен чай: Manipur с темными листьями, Ассамский – со светлыми.

С посадками сахарного тростника и сахарной промышленностью о-ва Ява В. В. Маркович познакомился на Пасуруанской центральной опытной станции. Особенно его интересовала возможность перенести сахарный трост-

2 Из письма Вавилова Н. И. Марковичу В. В 25.03.1926 г. СПбФ АРАН. Ф. 725. Д. 1.

3 Географические названия и названия учреждений (на русском или иностранном языке) приводятся в авторской редакции экспедиционных отчетов.

4 Латинские названия растений приводятся в авторской редакции, в квадратных скобках – современное название.

ник в наши сухие субтропики. Он подробно описал болезни тростника и как с ними нужно бороться. Но его интересовали не коммерческие сорта Явы, которые требуют от 14 до 18 месяцев вегетации, а сорта и виды, созревавшие за 8 и даже за 6 месяцев. Также В. В. Марковичем был описан севооборот с сахарным тростником; его разведение и добыча сахара домашними способами в крестьянских хозяйствах.

Из второстепенных некоммерческих культур В. В. Марковичем были обследованы цитрусовые. Он нашел интересные формы и рекомендовал ввести их в культуру в условиях Союза. Также он посетил Пуантенский опытный цитрусовый сад.

На средства Департамента Земледелия Явы В. В. Маркович напечатал классификацию рода *Citrus* L. на голландском и английских языках. Кроме этого, им были описаны другие культуры; а также применение зеленого удобрения и вентиляция почв на плантациях хинного дерева, чая и каучука, покрывных (теневых) растениях, особенно, для чая. В. В. Маркович подробно ознакомился, как это делается, и выслал семена бобовых, применяемые в качестве зеленого удобрения. Особо описано разведение индиго (индигофера красильная – *Indigofera tinctoria* L.), которое является зеленым удобрением и дает прекрасную синюю краску. Ссылаясь на удачные опыты разведения индиго в Сухуми, он рекомендует эту культуру, как промежуточную. Были собраны и отправлены в Союз *I. galegoides* DC., *I. endecarphylla* Jacq., *I. suffriticosa* Mill. Большое внимание В. В. Марковичем было уделено культуре риса, особенно яванскому – наилучшему в тропиках. Только 20 образцов риса были собраны на Яве и Цейлоне, в то время как из Индии он отправил 200 образцов. Из плодовых и огородных растений описаны все однолетние культуры и все многолетние с коротким сроком созревания – кассава, бобовые, например, *Pachyrhizus tuberosus* [*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.], скороспелая кукуруза, *Hibiscus sabdaifa* [*Hibiscus sabdariffa* L.] (розелла, каркаде – как съедобное и текстильное растение), мексиканский чай *Chenopodium anthelminticum* L. и *Carum capticum* Benth. [*Carum copticum* (L.) Benth. & Hook. ex C.B. Clarke.] (айован душистый). Также очень интересна описанная В. В. Марковичем в культурном саду бархатная хурма *Diospyros discolor* [*Diospyros discolor* Willd.]. С острова Ява В. В. Марковичем было доставлено 813 образцов, из которых 277 – семена, клубни, черенки, 40 –экспонаты для музея и 500 гербарных листов различных видов растений. В коллекцию поступил только 201 образец, многие растения, минуя Институт, были отправлены на Кавказ и в Химико-фармацевтический Институт в Москве. Больше всего было доставлено технических культур – 150 образцов.

Сингапур. В Сингапуре В. В. Маркович остановился проездом. Он посетил Сингапурский ботанический сад, который уступает во всех отношениях Бейтензоргскому. В отличие от него он разбит в английском стиле с массой лужаек, газонов. Заместитель директора Ботанического сада презентовал В. В. Марковичу «Index of plants» с приложением по категориям: съедобные плоды; прядильные растения; пряные; смолистые; ароматические и парфюмерные; масличные, красильные, дубильные и пр.; медицинские и асептические и др.; каучуконосы. В. В. Маркович посетил сингапурский рынок, где покупал «интересный семенной материал», определяя его при помощи сотрудника Ботанического сада. В Сингапуре его поразили целые горы ананасов, из которых здесь изготавливают консервы, которые расходятся по всему миру.

Британская Индия – остров Цейлон. Из Сингапура В. В. Маркович прибыл на Цейлон. При описании Цейлона он отмечал, что в отношении научной постановки опытного дела Цейлон, как и Индия, значительно уступают Яве и что: «…посещение Цейлона, значительно обогатило наши познанья по тропическим и субтропическим культурам. В противоположность Яве здесь нам не чинили никаких препятствий к осмотру ни садов, ни станций, ни отдельных опытов и снабжали нас как литературой, так и посадочным и посевным материалом» (Archives of Russian Geographical Society, F. 83, In. 1, No. 49, p. 293).

На Цейлоне практически все сборы были сделаны в Перадении – в Ботаническом саду и Центральной сельскохозяйственной опытной станции. Перадения, со всемирно известным Ботаническим садом и опытной станцией, которые объединяет Департамент Земледелия, находящийся там же, является центром сельскохозяйственной жизни. Ботанический сад описан В. В. Марковичем планомерно и последовательно, растения, наиболее интересные с практической точки зрения, сгруппированы по направлению использования. Большой раздел посвящен описанию эндемичных растений Цейлона.

На Центральной сельскохозяйственной опытной станции В. В. Маркович ознакомился с опытами по коммерческим культурам Цейлона: чай, каучук, какао, кофе, кокосовая пальма, рис и сравнил их с таковыми же на Яве. Самая важная культура на Цейлоне, конечно же, чай. Каучук добывают из *Hevea brasiliensis* [*Hevea brasiliensis* (Willd.) M. Arg.] – это важное коммерческое растение, как и на Яве, но оно не дает такого стабильного дохода, как чай. Кокосовая пальма играет очень большую роль в экономике страны, особенно много ее посадок на юге и западе острова – около 70 млн деревьев. Не менее важны такие культуры, как цитронелла *Cymbopogon nardus* [*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle], из которой получают лимонное масло. И, конечно же, пряные растения, которыми всегда славился Цейлон: корица, мускатный орех, гвоздичный перец, звездчатый анис, куркума, ваниль, перец черный, кардамон. Там же В. В. Маркович осмотрел опыты экономического ботаника с кормовыми травами и зеленым удобрением; познакомился с коллекцией экономических растений: плодовые культуры, сахарный тростник, ваниль, бататы, ямсы, ананасы, кукуруза и рис, хотя он не входит в перечень коммерческих культур. Для местного употребления риса не хватает, но значительное его количество экспортируется.

В. В. Маркович отмечал, что: «наш очерк растениеводства Цейлона был бы неполон, если бы мы ничего не сказали об эндемичных т. е. свойственных только Цейлону растениях» (Archives of Russian Geographical Society, F. 83, In. 1, No. 49, p. 270). Описание эндемов Цейлона приводится по данным Ботанического сада в Перадении, число видов которых насчитывает 187, хотя Маркович считал, что их больше, но описал по данным ботаников сада. Многие эндемичные растения введены в культуру, часть же, оставаясь дикорастущими, широко используются в народном быту. Так, например, дикорастущее хлебное дерево, которое, хотя и уступает по качеству культивируемым, используется беднейшим населением Цейлона в пищу как «значительный питательный продукт». Имеется и свое масличное дерево Bassia laniflora [Bassia laniflora (S.G. Gmel.) A.J. Scott]. А также плодовые, прядильные, красильные, дубильные пряные растения. С острова Цейлон В. В. Марковичем было доставлено 474 образца и 243 листа гербария. Больше все-

го было доставлено технических культур – 343 образца.

Индонезия. В Индонезию после В. В. Марковича была только одна экспедиция – в 1960 году доктора с.-х. наук, профессора Давида Вартановича Тер-Аванесяна и кандидата биол. наук Виктора Алексеевича Гуляева. В экспедиционном отчете Д. В. Тер-Аванесян отмечает, что маршрут экспедиции значительно сократили, и вместо трех островов делегация посетила только остров Ява. Наиболее детально специалистам удалось познакомиться с учреждениями Богора (во время голландской оккупации – Бейтензорг), посетить Ботанический сад, Гербарий, Центральную сельскохозяйственную опытную станцию, в Чибодас (Tjibodas) Горное отделение Богорского (Бейтензоргского) Ботанического сада. Описание Богорского ботанического сада, да и все описание поездки, достаточно краткое, т. к. обследование острова проведено было в течение 7 дней. В отчете описаны особенности сельского хозяйства Индонезии с характеристиками основных коммерческих культур – риса, каучука, кокосовой пальмы, кофе, чая, какао и др. Наибольший интерес для населения имеет рис. Рис Индонезии не полегает и не чувствителен к длине дня. Всего возделывается около 100 сортов, многие из них специфичны для определенных территорий. Местные сорта постепенно вытесняются более продуктивными селекционными, т. к. Индонезия еще не может обеспечить собственный спрос риса. В стране существуют две формы земледелия: крестьянское и плантации (государственные, частные, концессии и др.). Крестьянские хозяйства выращивают в основном пищевые культуры: рис, кукурузу, кассаву, батат и различные овощные культуры.

В 1960 году Д. В. Тер-Аванесян отмечал, что овощные культуры играют большую роль в питании населения. Но собственного семеноводства в Индонезии в то время еще не было, семена завозились из Европы. Картофеля не так много, что объясняется вирусными заболеваниями и также поставкой посадочного материала из Европы. А во времена В. В. Марковича овощные и картофель «на рынках можно достать только в больших городах для стола европейцев» (Archives of Russian Geographical Society, F. 83, In. 1, No. 49). Среди коммерческих (экспортных культур) наибольшее значение имеет гевея. В Индонезии культивируется *Hevea brasiliensis* [*Hevea brasiliensis* (Willd.) M. Arg.], *H. kraussiana*, *H. collina* [*Hevea collina* Huber]. Последний вид легко размножается, но выделяет мало млечного сока. Наиболее выгодна *H. brasiliensis*. Что касается культуры чая, то предпочтение отдают ассамскому чаю. Плантаций хинного дерева не много. Продуктом экспорта является молодая кора хинного дерева, содержащая определенный процент хинина. К числу важнейших экспортных культур относится кокосовая пальма. Плантаций кокосовых пальм не существует – они выращиваются только в крестьянских хозяйствах. Из растений, дающих волокно, большое значение играет капок *Ceiba pentandra* [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.], также возделываемый в крестьянских хозяйствах. Только 10% выращивается на плантациях. Кенаф, джут и розелла широко не возделываются, хотя посевы надо расширять, как например, для джута (мешки для риса из которого приходится импортировать). Из специй традиционно производят черный перец, корицу и гвоздику. Научные исследования проводятся в Ботаническом саду (упоминается лаборатория Трейба) и Департаменте земледелия, как и во времена поездки В. В Марковича. Несмотря на краткость пребывания, участникам делегации удалось собрать 302 образца риса, кукурузы, бобовых, овощных, бахчевых и клубнеплодов, технических, цитрусовых, декоративных и лекарственных растений.

Комплексная экспедиция. Экспедиция научно-исследовательского судна «Академик Вернадский» в 1991 г. (руководитель: доктор биол. наук Людмила Ивановна Мусатенко, Институт ботаники им. Н. Г. Холодного АН УССР; участник: доктор биол. наук Софья Николаевна Бахарева, ВИР) с целью выявления и сбора образцов культурных растений и диких родичей посетила Гвинею, Египет, Индонезию, Сингапур. В данной статье будут описаны только Индонезия и Сингапур. В Индонезии было собрано и закуплено только 44 образца (т. к. существует запрет на сбор и вывоз растительных ресурсов), большая часть которых происходит из данного региона: рис, могар, просо обыкновенное, рамбутан. Плоды рамбутана употребляют в свежем виде, на джемы и вино. Семена содержат 37% масла типа какао. В Индонезии были закуплены корневища имбиря *Zingiber officinale* [*Zingiber officinale* Roscoe], приобретено в магазинах несколько сортов перца острого, лука репчатого, картофеля, арбуза, тыквы, папайи и др. В Сингапуре участниками экспедиции образцы растений были собраны при посещении парков, ботанического и зоологического садов, заповедников, опытного участка кафедры ботаники Национального университета, магазина и базаров.

По зерновым бобовым культурам собраны фасоль, соя, вигна. Для условий Средней Азии представляют интерес разные виды кассии и левкена сизая. По крупяным культурам – коикс *Coix lacryma-jobi* L., используемый для получения муки и крупы, пива, кондитерских изделий. Собраны местные популяции сладкого и острого перца, томата, кориандра, фенхеля. Закуплены две формы имбиря (белая и розовая), лук репчатый, чеснок, тыква, арбуз. В заповеднике Букит-Тима найдена дикорастущая бикса аннатовая *Bixa orellana* L. В оболочке семян биксы содержится желтое красящее вещество для окраски сыра, масла и др. Корни используют как пряность. Растение имеет специфический запах, и его можно высаживать как инсектицидное и ветрозащитное растение.

Среди большого разнообразия плодовых и цитрусовых культур представляют несомненный интерес анакардиум западный *Anacardium occidentale* L. – кешью, происходящий из Бразилии; дуриан цибетиновый *Durio zibethinus* L., происхождение: Индонезия и Малайзия; собранный для испытания мангустан *Garcinia mangostana* L. [*Garcinia* × *mangostana* L.], плоды которого считаются лучшим десертом в мире.

Юго-восточная Азия, куда входит Сингапур, является центром происхождения цитрусовых, и многие дикорастущие виды цитрусовых из данного региона характеризуются устойчивостью к наиболее опасному заболеванию: мальсекко. Собраны семена пяти видов цитрусовых, в т. ч. каламондин *Citrus microcarpa* Bunge, лима *C. hystrix* DC., лимон дикорастущий *C. limon* (L.) Osbeck, цитрон *C. medica* L. Особо надо отметить собранные растения тавматокка *Thaumatococcus daniellii* (Benn.) Benth. Мякоть плодов его содержит белок тауматин, который в 30 тысяч раз слаще сахара.

Шри-Ланка. Единственная послевоенная экспедиция в Шри-Ланка (Цейлон) состоялась в 1985 году (руководитель экспедиции: Евгений Федорович Молчанов, директор ГНБС; участники: кандидат с.-х. наук Николай Павлович Агафонов, ВИР; кандидат биол. наук Борис Павлович Асякин, ВИЗР). Шри-Ланка имеет богатую и разнообразную

растительность, однако в связи с «зеленой революцией», освоением новых земель и внедрением в производство новых сельскохозяйственных сортов старые местные сорта быстро и бесследно исчезают из производства. Участники экспедиции посетили Центральную селекционную рисовую станцию в Баталагоде. В отчете отмечено, что к концу 1970-х годов по программе создания сортов риса интенсивного типа селекционерами станции были получены сорта, превосходящие по урожайности в 2–3 раза местные сорта 1930–1940-х годов и обладающие устойчивостью к бурой цикадке, пирикуляриозу, бактериозу, другим вредным организмам и с вегетационным периодом до 90–100 дней. На станции поддерживается самая крупная коллекция риса – 1000 образцов.

Следующая сельскохозяйственная станция, которая вошла в программу экспедиции – по картофелю и овощным культурам в Ситаэлии. Основное направление работ – выведение и использование устойчивых к болезням и вредителям сортов. В частности, по картофелю созданы сорта 'Sita', 'SE-1' – устойчивые к фитофторозу. Получение фитофтороустойчивых сортов проводят совместно с Международным Центром по картофелю в Перу, где скрещивают полученные в Ситаэлии устойчивые формы картофеля, затем F_1 перспективных гибридов передают обратно в Шри-Ланка, где на жестком инфекционном фоне проводят отбор в течение нескольких лет. Устойчивые сорта, как правило, скороспелые с вегетационным периодом 65–70 дней. Из овощных культур наибольшее значение имеют чеснок, капуста белокочанная, свекла, перец, морковь, баклажаны, томаты и др. Делегация посетила Центральный НИИСХ в Ганноруве, организованный в 1965 году, где рис – основной объект исследований, но кроме него много внимания уделяется изучению сои, маша, томата, огурца, банана, маниока, а также Региональный сельскохозяйственный научно-исследовательский центр в Махаллуппаламе, в котором изучаются вопросы агротехники возделывания различных культур применительно к новым освоенным землям, выведения новых сортов кукурузы, сорго, проса обыкновенного и просовидных, овощных и других культур. По кукурузе особое внимание уделяется выведению скороспелых и продуктивных с повышенным содержанием лизина сортов.

И последнее учреждение программы делегации – Центральный научно-исследовательский институт чая в Талавакелле, основанный англичанами в 1925 году. Он занимается выведением новых сортов чая, разработкой технологии его переработки и усовершенствованием мероприятий по выращиванию чая, в т. ч. освоением новых склонов под культуру чая с использованием кормового сорго. Институт имеет пять филиалов.

Участники делегации посетили Ботанические сады в Перадении, Хаккгале, Хенарасгоде. Отметили большое число видов пальм в Королевском саду в Перадении. Ботанические сады в Хаккгале и Хенарасгоде содержат, в основном, коллекции декоративных, а в Хаккгале еще и лекарственных растений. Всего было собрано 370 образцов, в т. ч. 187 образцов зерновых, бобовых, овощных, картофеля, пряных и других культур, а также 182 образца различных видов декоративных растений, их черенков и луковиц.

Непал. С точки зрения сбора растительных ресурсов Непал представляет огромный интерес, т. к. на его небольшой территории выращиваются растения, приспособленные к условиям различных климатов – теплого, умеренного, холодного. Климатическое многообразие зон Непала также позволяет судить и о разнообразии болезней, о возрастной и зональной устойчивости растений. Еще Н. И. Вавилов в 1927 году писал В. В. Марковичу: «Может быть, сидя в Индии, Вы достанете нам что-нибудь из Непала. Этот район интересует нас чрезвычайно»[4]. Но Маркович так и не попал в Непал, и первая поездка специалиста ВИР состоялась только в 1957 году. Д. В. Тер-Аванесян в качестве советника по сельскому хозяйству СССР в Индии посетил Непал и подробно остановился на сельском хозяйстве этой страны. По результатам обследования сельского хозяйства Непала Д. В. Тер-Аванесян написал статью «Сельское хозяйство Непала» (Ter-Avanesyan, 1959) и книгу «По дорогам Индии и Непала» (Ter-Avanesyan, 1962).

Он отмечал отсталость непальских крестьян в вопросах агротехники, недостаток семенного материала для расширения посевных площадей; подробно познакомился с основными возделываемыми культурами, отмечая их низкую урожайность и подверженность болезням и вредителям (Ter-Avanesyan, 1962).

Рисовая экспедиция. Первая целенаправленная экспедиция в Непал состоялась в 1974 году под руководством кандидата с.-х. наук Альберта Георгиевича Ляховкина (ВИР) и мл. научного сотрудника Людмилы Федосеевны Савченко (ВНИИФ). Маршруты экспедиции были составлены с целью сборов растительных ресурсов, фитопатологического обследования посевов риса и знакомства с работой научно-исследовательских учреждений. Как отмечено в экспедиционном отчете, Непал усиленно развивает сельское хозяйство, чему способствуют разработанные и запущенные «Программы развития риса, пшеницы, кукурузы», одним из основных пунктов которых является создание коллекций, интродукция образцов из различных стран мира и выведение новых сортов. Все это влечет за собой постепенное вытеснение местных сортов, выращиваемых в дождливый сезон и обладающих устойчивостью к возбудителям многих болезней.

Несомненный интерес представляют холодостойкие, раннеспелые, нетребовательные к почвенному плодородию формы риса, кукурузы, пшеницы, ячменя и других культур, выращиваемых в умеренном и холодном климате горной страны. Делегация отметила, что в Непале возделывается около 50 видов сельскохозяйственных растений и создана обширная сеть сельскохозяйственных опытных станций и ферм, призванных подбирать для каждой зоны сорта наиболее урожайные и устойчивые к неблагоприятным условиям выращивания; разрабатывать систему агротехнических мероприятий; снабжать фермеров посевным и посадочным материалом.

В отчете приводится подробное описание основных возделываемых культур, первая из которых – рис. Рис является основным продуктом питания, возделывается почти повсеместно и обладает высокими вкусовыми достоинствами. В Непале возделывается около 800 местных сортов риса, посевные площади доходят до высоты 2,5 тыс. м н. у. м., что говорит о рекордной приспособленности непальского риса к широкому размаху климатических условий. Кукуруза – вторая культура после риса и выращивается также во всех зонах страны. Урожайность низкая, что объясняется бедными почвами, незначительным

4 Из письма Н. И. Вавилова от 26 ноября 1927 г. СПбФ АРАН. Ф. 725. Д. 1.

внесением удобрений и посевами местных малопродуктивных сортов. Экспедицией было собрано 302 местных сорта кукурузы. Под пшеницей за последние годы площади увеличились вдвое. Высевают в основном интродуцированные сорта, но урожайность все равно низкая, как и в случае с кукурузой. Тем более что пшеницу выращивают в зимний период, когда выпадает очень мало осадков. В связи с интродукцией новых сортов резко увеличилось число возбудителей болезней. Наиболее перспективны из новых сортов 'Лермо рохо 64' (Мексика) и 'НД-1982' (Индия).

Дагусса – важная пищевая и кормовая культура Непала. С 1970 года ведется исследовательская работа по испытанию коллекции индийских и местных форм, и уже отобраны 100 лучших линий, из которых получено 12 сортов, находящихся в сортоиспытании. Гречиха не играет такой большой роли, но в срединной горной зоне широко используется населением. Выращивается обыкновенная и татарская гречиха. Из обыкновенной варят кашу, из татарской пекут хлеб, молодые растения употребляют в пищу как зеленные овощи. Из масличных культур выращивают горчицу и рапс. Важными культурами являются картофель, табак и сахарный тростник. Овощные культуры возделывают во всех зонах в зимний и летний сезоны. Основными из них являются перец, огурец, томат, капуста цветная и кочанная, баклажаны, патиссоны. В горных районах широко распространены посевы турнепса и редиса. Из плодовых культур выращивают яблони, груши, сливы, агавы, манго, апельсины, мандарины.

Делегация отметила, что Непал представляет огромный интерес и с точки зрения разнообразия диких родичей культурных растений, которые обязательно должны быть представлены в коллекция для выяснения вопросов происхождения и таксономии, а также для изучения возможного использования в селекции. В результате обследования был обнаружен дикий рис *Oryza sativa* f. *spontanea* Roshev. на небольших участках в селе Непалганджа (Западный Непал). Морфологически растение мало отличается от культурного риса, но колоски его осыпаются задолго до полного созревания. В восточной части Непала собрано два образца трихозанты. Род *Trichosantes* L. очень полиморфный – насчитывает более 44 видов, в культуре наиболее известен вид *Trichosanthes anguina* L. (синоним *Trichosanthes cucumerina* L.), возделываемый особенно широко в Индии под названием змеиный огурец. Почти на всем протяжении пути от Дарана до Данкуты участники экспедиции наблюдали заросли дикого баклажана *Solanum xanthocarpum* Schrad. & H. Wendl. В отчете отмечено, что данный вид может иметь определенное значение в селекционной работе с баклажанами в нашей стране. Дело в том, что основная проблема выращивания этой культуры в СССР заключалась в предохранении растений от заболеваний, приводящих к опаданию плодов. Доставленный же членами экспедиции дикий вид не поражается ни одной болезнью во влажных условиях Непала. Члены экспедиции установили, что на сравнительно малой территории Непала можно наблюдать множество ландшафтных нюансов, определяющих климатические условия выращивания растений. В течение 3-х месяцев были обследованы почти все зоны страны, собраны семена 1170 образцов, 40 видов культурных растений и 4-х видов их диких родичей; гербарий болезней риса и кукурузы.

Экспедиция 1988 года. Делегация Госагропрома СССР в составе Леонида Анатольевича Бурмистрова – руководителя (ВИР), Д. Х. Самоладаса (Сухумская ОСВИР) и И. Г. Лоскутова (ВИР) провела сборы семян и посадочного материала важнейших сельскохозяйственных культур и ознакомилась с деятельностью научных сельскохозяйственных учреждений Непала. Делегация доставила в СССР 640 образцов, в том числе: зерновых – 415, зернобобовых – 116, масличных – 18, овощных – 49, цитрусовых – 29 и других культур – 13. Эти образцы представлены селекционными и местными сортами, линиями, гибридами и дикорастущими родичами. Образцы были получены в селекционных учреждениях; местные сорта и популяции – приобретены на рынках. В экспедиционном отчете отмечено, что кроме местного селекционного материала в стране используют сорта из Индии, гибриды из Мексики и других стран, приспособленные к местным условиям; приведено их подробное описание, основные болезни и вредители, агротехника, районы возделывания. Члены экспедиции собрали информацию о структуре, организации и тематике исследований Королевской Непальской Академии Наук и Технологий (RONAST); Плодовой опытной станции Киртипур (Министерство сельского хозяйства); Национального центра научных сельскохозяйственных исследований и обслуживания (NARSC). Подробно познакомились с разработанными в Непале уже шестью[5] Национальными программами по пшенице, кукурузе, рису, зернобобовым и масличным культурам и цитрусовым и посетили головные опытные станции по каждой из программ; отметили, что участники Национальных программ Непала работают в тесном контакте с международными организациями, в т. ч. CIMMYT, ICARDA, ICRISAT, IRRI, странами, входящими в SAARC (Южно-Азиатская Ассоциация по Региональной кооперации) – Индией, Пакистаном, Бутаном, Бангладеш и др.

В отчете отмечено, что главная культура Непала – это рис, представленный большим разнообразием форм и видов по признакам остистости, окраске чешуи (красная, черная, промежуточная), текстуре зерна, цвету зерна (красное, черное, белое), форме метелки и скороспелости. Наиболее же ценными являются местные сорта риса. Основные районы возделывания риса – это тераи и западная часть средних гор, в широтном расположении это восточная и центральная часть страны. В районах тераев и внутренних тераев урожай риса получают дважды. Возделывают местные сорта, староместные популяции, улучшенные сорта местной селекции и сорта зарубежной селекции, а в приграничных районах – индийские сорта.

Экспедицией были обследованы большие территории болот в тераях и лесов в горных районах и были найдены виды *Oryza nivara* S. D. Sharma & Shastry (синоним *Oryza rufipogon*), *O. rufipogon* Griff., *O. granulata* Nees & Arn. ex Watt. Вид *O. granulata* был найден только в лесах на склонах холмов на высоте от 250 до 1000 м н. у. м. Специалисты делают заключение, что этот вид эволюционно не связан с вышеупомянутыми видами риса. Большое разнообразие местных стародавних сортов и широкое распространение дикорастущих видов риса и их сородичей еще раз доказывает, что Непал является одним из очагов происхождения посевного риса. Среди сортов риса представляют интерес 'Gamadi' – стародавний непальский сорт, 'Jodi chamal' – уникальный местный сорт с двойным зерном; ароматные – 'Basmati', 'Basmati sano', 'Kasturi' и др. Селекционные со-

5 В 1974 году было три Программы (по рису, пшенице и кукурузе)

рта – 'Masuli', 'Laxmi', 'Janaki', 'Salitri' и др.

Вторая по значению культура – кукуруза. Основные районы возделывания кукурузы – это горные районы от 1500 до 2000 м н. у. м. Местные сорта кукурузы различаются продолжительностью вегетационного периода, цвету и типу зерна. Большинство местных сортов более скороспелые по сравнению с селекционными, цвет зерна белый и желтый, тип зерна кремнистый, полукремнистый (87,2%) и зубовидный, полузубовидный. В то же время местные сорта малопродуктивны, но они имеют ценное качество – скороспелость, что позволяет использовать их для получения нескольких урожаев.

Пшеница занимает третье место в сельскохозяйственном производстве Непала, но ее значение намного меньше двух первых. Основные районы – это зона невысоких гор, а также тераи, где пшеница выращивается в севообороте с рисом. В Непале традиционно выращивают яровую мягкую пшеницу. Непал располагает большим разнообразием местных форм, свойственных горным районам. Это опушенные, остистые и безостые, с разным цветом колоса и зерна формы, обладающие скороспелостью, хорошей холодоустойчивостью, устойчивостью к прорастанию на корню и различным заболеваниям. Основные проблемы по селекции пшеницы: скороспелость как для тераев зимой, так и для горных районов летом, засухоустойчивость для тераев и холодоустойчивость для горных районов, высокая стабильная продуктивность и качество зерна для всех районов; а также устойчивость к различным болезням. Наибольшее распространение в Непале имеет индийский сорт 'Sonalika', районированный с 1968 года, он занимает до 90% всех площадей, занятых под пшеницей. В отчете подробно описаны селекционные работы с пшеницей, отмечены наиболее вредоносные болезни.

Ячмень входит в группу горных культур вместе с пальчатым просом, гречихой и зерновым амарантом. Эта группа культур является важной для горных труднодоступных районов страны. Площадь под ячменем незначительна и используется, как и для других культур этой группы, в горных районах от 2000 м и выше вплоть до самой границы распространения растительности, в основном в западных районах. Возделывают преимущественно местные сорта, как пленчатые, так и голозерные. Культура ячменя – это летняя культура Непала, в горах она выращивается в севообороте с картофелем и гречихой.

Дагусса – пальчатое просо – важная культура горных районов. Она хорошо произрастает в засушливых районах на бедных почвах, чаще всего в севообороте с кукурузой при зимнем сроке посева. В Непале встречается большое разнообразие местных форм дагуссы, что подтверждает предположение о непальском происхождении этой культуры. Местные сорта имеют хороший генетический потенциал для использования в селекции на зерновую продуктивность и на фуражные цели.

Гречиха выращивается в горных районах и имеет наибольшее распространение в западной части страны. Здесь возделывают в основном *Fagopyrum esculentum* Moench и *F. tataricum* (L.) Gaertn., но также в посевах встречается и *F. cymosum* (Trevir.) Meisn. – многолетний тетраплоидный вид гречихи. Изучение сортов и видов гречихи находится на начальной стадии. Наиболее урожайными (2,4–2,7 т/га), но позднеспелыми (73–94 дня) оказались сорта, относящиеся к *F. tataricum* – виду, наиболее распространенному в Непале. Этот вид устойчив к мучнистой росе, самому вредоносному заболеванию гречихи. Скороспелость (50–60 дней) характерна для сортов, относящихся к *F. esculentum*. Гречиху выращивают в севообороте с кукурузой или вместе с ней и с дагуссой.

Амарант, как и гречиха, выращивается в горных районах (выше 1219 м), в основном, на западе страны. В Непале возделывают два вида амаранта – *Amaranthus caudatus* L. и *A. hypochondriacus* L. Изучение местных сортов и видов находится на начальном этапе. В посевах встречаются как зеленые, так и краснолистные формы; предпочтение отдается формам со светло-серым цветом зерна, но встречаются и белозерные, красно- и розовозерные формы. Большинство местных сортов отличаются скороспелостью ('A-18-3', 'A-I2-2','A-36-4'), но дают очень мало зерна и большей частью используются на фуражные цели.

Большое распространение в Непале имеют зернобобовые культуры. Они используются в севообороте с рисом и высеваются, как в дождливый сезон, так и зимой. Основные районы возделывания – тераи и средние горы. Национальная программа изучает 12 видов бобовых культур, среди которых наиболее распространены 5 видов: соя, чечевица, нут, каянус, голубиный горох и чина. Наиболее распространены в Непале чечевица и нут. По ним собрана большая коллекция местных форм, особенно по чечевице. Она богата и разнообразна как по хозяйственно ценным признакам, так и по морфологическим. Представляют интерес разнообразные формы *Vigna unguiculata* (L.) Walp. и *V. umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi). Масличные культуры имеют небольшое распространение в стране. Сурепица, горчица, рапс, нуг, кунжут и лен возделывают в тераях и в горах. Из технических культур в Непале на небольших площадях выращивают хлопок – *Gossypium herbaceum* L. и *G. arboreum* L., джут – *Corchorus capsularis* L. и *C. olitorius* L. и кенаф – *Hibiscus cannabinus* L. и *H. sabdariffa* L.

Картофель выращивают в горных районах до высоты 4205 м верхней границы распространения деревьев. В горах средней высоты выращивают в основном местные сорта (белые и красные) с хорошим вкусом и приспособленностью к местным условиям. С 1969 по 1987 г. происходило изучение более 60 местных и интродуцированных сортов картофеля, в результате чего было выведено два сорта: один с красной окраской кожицы клубня – 'Lumle Red', а другой с белыми клубнями – 'Sabet local'. Оба сорта имеют хороший вкус и стабильную урожайность.

В Непале возделывают 104 вида овощных культур, относящиеся к 19 семействам, но многие из них не имеют широкого распространения. Производство овощей в стране отстает от их потребления. В сельской местности, особенно на севере, качество и количество возделываемых видов очень низкое. Наиболее популярные овощи – это огурец и редис, которые распространены повсеместно. Большая же часть овощей завозится из Индии.

Важное значение имеют плодовые культуры. В тропической зоне, включающей в себя тераи и внутренние межгорные долины, выращивают главную культуру – манго, кроме того здесь произрастают банан, папайя, ананас, личи (личжи или китайская груша) и гуава. Субтропическая зона располагается между высотами 304 м и 1200 м, здесь теплое лето и прохладная зима, и поэтому это зона цитрусовых культур, которых в диком состоянии встречается большое разнообразие, но в культуре они выращиваются в очень ограниченных количествах.

Зона теплого умеренного климата располагается от 1200 до 2100 м, здесь климат умеренный круглый год с мягкими зимами. Основное распространение здесь по-

лучили персик, слива, абрикос, груша, хурма (*Diospyros virginiana* L.) и каштан. На высоте 1700 м в горных западных районах страны выращивают яблоню, грушу, грецкий орех, миндаль и другие орехоплодные культуры. По своим вкусовым качествам и по урожайности они отвечают всем требованиям потребителей и фермеров, но в связи с трудностью их доставки к местам потребления, в частности в Катманду, производство их становится нерентабельным и поэтому на всех рынках продаются фрукты из Индии.

В Непале необычайно благоприятны условия для выращивания цитрусовых культур, хотя выращиваются они в основном на ограниченной территории в зоне невысоких гор. На плантациях представлены главным образом местные сорта мандарина, апельсина, лайма и помпельмуса, качество которых и урожайность ниже мировых стандартов. Д. Х. Самоладас – специалист по цитрусовым культурам – отмечал, что происхождение цитрусовых все еще является дискуссионным, однако многие систематики согласны с тем, что Гималайский регион и Южный Китай или Кохинхина являются местами их происхождения. Географическое расположение Непала благоприятствовало тому, что через его территорию на протяжении столетий цитрусовые распространились в Китай, в Индию и обратно. Апельсин и мандарин были занесены в Индию из Китая, помпельмус происходит из Малайзии и оттуда пришел в Индию, лимон и лайм из Индии попали в Китай. Таким образом, территория Непала является первичным центром происхождения семейства Rutaceae Juss. В то же время никаких систематических исследований дикорастущей флоры цитрусовых в Непале не было предпринято. Непальские специалисты ограничиваются перечислением немногих видов и отбором лучших форм, чтобы использовать их для будущего размножения и распространения в стране.

Выписка образцов. Институт помимо непосредственного сбора постоянно занимался выпиской образцов. Кроме экспедиции В. В. Марковича, с островов Ява и Цейлон в довоенный период с 1925 по 1941 г. поступило 256 образца зерновых, зернобобовых, клубнеплодов, овощных, технических, плодовых и кормовых культур. Из Непала поступлений не было. С Явы наибольшее количество образцов было по техническим культурам, в основном это были образцы джута, кенафа, табака, биксы орельяны, арахиса. Дважды были присланы посылки с видами кротолярии, в т. ч. *Crotalaria alata* D. Don., *C. juncea* L., *C. valetonii* Bacher, *C. anagyroides* H.B.K., *C. usaramoensis* Bak., *C. striata* DC., *C. brownie*, *C. leioloba* Bartlett.

Риса – основной культуры Явы – поступило только три образца. О трудностях получения образцов, в частности риса, на Яве писал еще В. В. Маркович. Остальные поступления – декоративные из Бейтензоргского ботанического сада и лекарственные растения, среди которых в основном кротон слабительный *Croton tiglium* L. После войны с 1946 по 2018 г. с Явы поступило только семь образцов риса и один кукурузы. Довоенные поступления с Цейлона представлены рисом (20 образцов), кукурузой, сорго и, конечно, чаем. Так же, как и с Явы, были декоративные, лекарственные, эфиромасличные культуры (в основном из Ботанического сада в Перадении), виды кротолярии и дагусса *Eleusine coracana* (L.) Gaertn. Послевоенное поступление составило только семь образцов риса. Из Непала кроме экспедиционных сборов поступило 89 образцов. Это крупяные (39 образцов кукурузы, сорго, проса, гречихи), зерновые (30 образцов пшеницы и ячменя), овощные и технические (20 образцов) культуры.

Заключение

Проанализировав все экспедиционные отчеты, можно констатировать, что, как и в Индии, проблемы при сборе образцов существовали. Об этом писали все участники экспедиций, начиная с В. В. Марковича – сокращались сроки экспедиций, урезались маршруты, оказывались препятствия к сбору образцов. Тем не менее, в результате экспедиционной деятельности по Индонезии, Шри-Ланка и Непалу было собрано и доставлено в Институт 3496 образцов. Наибольшее количество образцов было привлечено в Институт по крупяным культурам – более 1400; по техническим – 627, зерновым – 458 и почти по 400 образцов по овощным и зернобобовым культурам. Среди культур лидирует рис – более 800 образцов и кукуруза – 350. Если до 1941 года риса было мобилизовано 34 образца, кукурузы – 9, а пшеницы не было, причем общее поступление составило 1022 образца, то в послевоенное время ситуация изменилась. Количество образцов технических культур снизилось с 627 образцов до 64, что можно объяснить передачей многих коллекций в другие институты и специализированными сборами В. В. Марковича для Резинотреста и Химико-фармацевтического Института. Экспедиции в Непал 1974 и 1988 года доставили в институт наибольшее количество образцов и именно риса, пшеницы и кукурузы. Причем, многие образцы – это уже современные селекционные сорта и линии из Индии, Филиппин, Мексики и др. Следует отметить, что по-прежнему из данного региона привлечено много дикорастущих видов и родичей культурных растений. Общее количество мобилизованных образцов – 3843, представленных 377 видами.

Материал подготовлен в рамках мероприятия «Обеспечение сохранения коллекции генетических ресурсов растений» подпрограммы «Научно-техническое обеспечение развития отраслей агропромышленного комплекса» Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.

References/Литература

Archives of Russian Geographical Society (Arkhivy RGO). File 83; Inventory 1; No. 49. [in Russian] (Архив РГО. Фонд 83; опись 1; № 49).

Burmistrov L.A. Report on the results of sending scientists and specialists abroad through international scientific and technical links (Otchet o rezultatakh komandirovaniya uchenykh i spetsialistov za granitsu po linii mezhdunarodnykh nauchno-tekhnicheskikh svyazey). 5 Nepal 1988 (1466). [in Russian] (Бурмистров Л.А. Отчет о результатах командирования ученых и специалистов за границу по линии международных научно-технических связей. 5 Непал 1988 [1466]).

Lyakhovkin A.G. Report on the work of a botanico-phytopathological expedition in Nepal (Otchet o rabote botaniko-fitopatologicheskoy ekspeditsii v Nepale). 5 Npl 1974 (598). [in Russian] (Ляховкин А.Г. Отчет о работе ботанико-фитопатологической экспедиции в Непале. 5 Npl 1974 [598]).

Markovich V.V. On rubber from the island of Java and India (report to the State Rubber Industry Trust) (O kauchukonosakh o-va Yava i Indii [dokl. Gos. trestu rezinovoy prom-ti]). *Bulletin of Applied Botany, of Genetics and Plant Breeding*. 1931;26(1):77-140. [in Russian] (Маркович В.В. О каучуконосах о-ва Ява и Индии [докл. Гос. тресту резиновой пром-ти]. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1931;26(1):77-140).

Molchanov E.F., Agafonov N.P. Report on the results of sending scientists and specialists abroad through international scientific and technical links (Otchet o rezultatakh komandirovaniya uchenykh i spetsialistov za granitsu po linii mezhdunarodnykh nauchno-tekhnicheskikh svyazey). 5 Lka 1985 (942). [in Russian] (Молчанов Е.Ф., Агафонов Н.П. Отчет о результатах командирования ученых и специалистов за границу по линии международных научно-технических связей. 5 Lka 1985 [942]).

Musatenko N.G., Bakhareva S.N. Report on the expedition collecting cultivated plants and their wild relatives in the 42nd voyage of the research vessel *Akademik Vernadsky* from Dec. 29, 1990 to May 05, 1991 (Otchet ob ekspeditsii po sboru kulturnykh rasteniy i ikh dikikh rodichey v 42-om reyse nauchno-issledovatelskogo sudna 'Akademik Vernadsky' v period ot 29.XII.1990 g. po 05.V.1991 g.). 7 Ind 1991 (1420). [in Russian] (Мусатенко Н.Г., Бахарева С.Н. Отчет об экспедиции по сбору культурных растений и их диких родичей в 42-ом рейсе научно-исследовательского судна "Академик Вернадский" в период от 29.XII.1990 г. по 05.V.1991 г. 7 Ind 1991 [1420]).

St. Petersburg Branch of the RAS Archives (Sankt-Peterburgsky filial Arkhiva RAN). Inventory 725; Case 1. [in Russian] (Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Опись 725; дело 1).

Ter-Avanesyan D.V. Agriculture of Nepal (Selskoye khozyaystvo Nepala).*Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki = Bulletin of Agricultural Science*. 1959;3:105-110. [in Russian] (Тер-Аванесян Д.В. Сельское хозяйство Непала. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1959;3:105-110).

Ter-Avanesyan D.V. On the roads of India and Nepal (Po dorogam Indii i Nepala). Moscow: Vysshaya shkola; 1962. [in Russian] (Тер-Аванесян Д.В. По дорогам Индии и Непала. М.: Высшая школа; 1962).

Ter-Avanesyan D.V. Report on an expedition to Indonesia (August 3 – September 10, 1960) (Otchet ob ekspeditsii v Indoneziyu [3 avgusta – 10 sentyabrya 1960 g.]). 5 Ind 1960 (355). [in Russian] (Тер-Аванесян Д.В. Отчет об экспедиции в Индонезию (3 августа – 10 сентября 1960 г.). 5 Ind 1960 [355]).

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

Лоскутова Н.П., Озерская Т.М. Мобилизация генетических ресурсов растений с территории Индонезии, Шри-Ланка и Непала. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):124-132. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-124-132

Loskutova N.P., Ozerskaya T.M. Mobilization of plant genetic resources from the territories of Indonesia, Sri Lanka (Ceylon) and Nepal.Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):124-132. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-124-132

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 иформация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-124-132

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

Научное издание:

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 180, ВЫПУСК 2**

Научный редактор: *Е. А. Соколова*
Корректор: *А. Г. Крылов*
Компьютерная верстка: *Г. К. Чухин*

Подписано в печать 10.06.2019. Формат бумаги 70×100 $^{1}/_{8}$

Бумага офсетная. Печать офсетная

Печ. л 16,75. Тираж 300 экз. Зак.0810 /19

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР

190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 42, 44

ООО «Р – КОПИ»

Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6Б