

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

**ТРУДЫ
ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, том 179
выпуск 4**

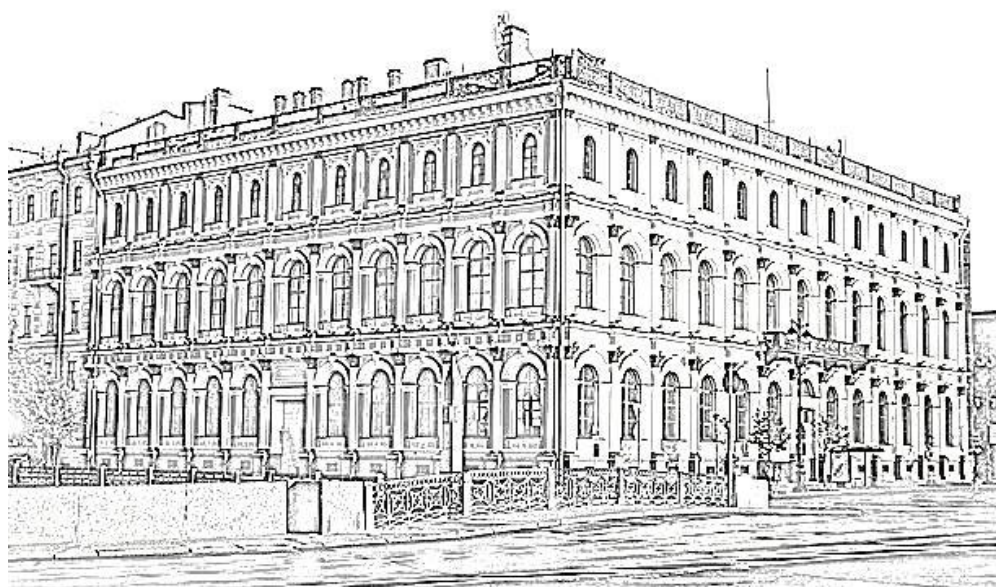
(основаны Р. Э. Регелем в 1908 г.)

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018**

**PROCEEDINGS
ON APPLIED BOTANY, GENETICS
AND BREEDING, vol. 179
issue 4**

(founded by Robert Regel in 1908)

**ST.PETERSBURG
2018**



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

volume 179
issue 4



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

2018

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

**том 179
выпуск 4**



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. Турусбеков, 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

2018

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 179, вып. 4. СПб., 2018 206 с.

Дана характеристика паспортной базы данных коллекции фасоли ВИР и сортов яблони прибалтийской селекции полевой и гербарной коллекций ВИР. Рассмотрено распределение морфологических признаков декоративных персиков по приоритету. Проанализированы морфологические особенности соцветий топинамбура. Изучено наследование ювенильной устойчивости образцов эгилопса к листовой ржавчине. Выявлены источники селекционно значимых признаков картофеля коллекции ВИР, конопли коллекции ВИР. Выделены сорта картофеля коллекций ВИР и селекционные клоны ЛенНИИСХ «Белогорка» с отсутствием или слабым проявлением симптомов поражения ризоктониозом и обыкновенной паршой. Исследована урожайность и ее компоненты в различных условиях выращивания: многорядного ярового ячменя (сухостепная зона Волгоградской обл.), ярового овса (Омское Прииртышье), фасоли обыкновенной (Волго-Ахтубинская пойма). Определены ценные по урожайности и комплексу признаков качества зеленой массы линии люцерны и костреча для выращивания в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Представлены результаты селекции эхинаеи в центральном регионе России и декоративных сортов яблони на Урале и в Сибири. Выявлены зимостойкие в условиях Южного Урала сорта абрикоса и сорта земляники для выращивания в условиях пленочных теплиц в Ленинградской обл. Изучены хозяйственно полезные признаки местных сортов и дикорастущих образцов люцерны, интродуцированных в ВИР из Турции. Обсуждается эффективность отбора в ранних поколениях сельскохозяйственных культур по признакам продуктивности. Приведена история интродукции зерновых, крупяных, овощных, плодовых и субтропических культур сотрудниками ВИР с территории Индии в XX веке.

Табл. 37, рис. 27, библиогр. 401 назв.

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

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. Vol. 179, iss.4. SPb., 2018. 206 p.

The passport database of VIR's common bean collection is discussed, and the apple-tree cultivars bred in the Baltic republics and preserved in VIR's field and herbarium collections are described. Distribution of morphological traits based on their priority scale is considered for ornamental peach. Morphological features of Jerusalem artichoke inflorescences are analyzed. Inheritance of juvenile leaf rust resistance has been studied in *Aegilops* accessions. Sources of traits important for breeding have been identified in VIR's potato and hemp collections. Potato accessions showing weak or no symptoms of black scurf or common scab have been selected from the collection of VIR and among the breeding clones of Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka". The yield and its components have been studied under various cultivation conditions in multi-rowed spring barley (arid steppe zone, Volgograd Province), spring oats (Near-Irtysh area, Omsk Province), and common bean (Volga-Akhtuba floodplain). The yield and a set of green biomass quality traits have been analyzed in alfalfa and brome grass lines to identify promising material for growing in the southern forest-steppe areas of West Siberia. Breeding results are presented for *Echinacea* in the central region of Russia and ornamental apple-tree varieties in the Urals and Siberia. Winter-hardy apricot cultivars have been identified for the climate of the Southern Urals, and strawberry cultivars adapted to cultivation in plastic film greenhouses have been selected for Leningrad Province. Commercially useful traits have been studied in local varieties and wild populations of alfalfa introduced into VIR's holdings from Turkey. The efficiency of selection in early crop generations based on their productivity-related traits is discussed. The history of the introduction of cereal, groat, vegetable, fruit and subtropical crops from India by VIR's scientists in the 20th century is highlighted.

Табл. 37, Fig. 27, Ref. 401.

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,
2018

СОДЕРЖАНИЕ

МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

- Багмет Л. В., Шлявас А. В., Макагонова Н. Н. Сорты яблони прибалтийской селекции в гербарной коллекции ВИР 9

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

- Макаренко С. А., Котов Л. А. Декоративная яблоня на Урале и в Сибири 17
- Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Адаптивность урожайности ярового овса в условиях Омского Прииртышья 28
- Юсова О. А. Новые источники повышенного качества зеленой массы многолетних трав в условиях южной лесостепи Западной Сибири 39

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

- Григорьев С. В. Новые источники селекционно значимых признаков конопли из коллекции ВИР 50
- Ивакин А. П., Грушин А. А. Изучение компонентов продуктивности и аттракции образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) в северной зоне волго-ахтубинской поймы 58
- Козубовская Г. В., Балакшина В. И. Урожайность многорядного ярового ячменя разновидностей *pallidum* в сухостепной зоне 67
- Костина Л. И., Косарева О. С. Коллекция селекционных сортов картофеля для селекции на продуктивность, скороспелость, устойчивость к фитофторозу, вирусным болезням и *Globodera rostochiensis* Woll. 74
- Малышева Н. Ю., Исаева Н. Л., Губанова Е. А., Малышев Л. Л. Хозяйственная оценка малоазиатских образцов *Medicago sativa* L. 82

ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

- Анисимова И. Н., Алпатьева Н. В., Горюнова С. В., Горюнов Д. В., Конарев Ал. В., Гаврилова В. А., Радченко Е. Е. Структурная изменчивость гена богатого метионином альбумина SFA8 подсолнечника 91
- Колесова М. А., Тырышкин Л. Г. Наследование эффективной ювенильной устойчивости шести образцов *Aegilops speltoides* Tausch к листовой ржавчине 104

УСПЕХИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

- Коротких И. Н., Бабаева Е. Ю., Бурова А. Е. Итоги селекции *Echinacea purpurea* (L.) Moench в Центральном регионе России 111
- Комар-Тёмная Л. Д. Распределение морфологических признаков декоративных сортов персика по приоритету 119
- Смекалова Т. Н., Лебедева Н. В., Новикова Л. Ю., Любченко А. В. Морфологические особенности соцветий топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) по материалам коллекции ВИР 128

ИММУНИТЕТ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

- Зотеева Н. М., Косарева О. С., Евдокимова З. З. Чувствительность сортов и селекционных клонов картофеля к *Rizoctonia solani* и *Streptomyces scabies* 141

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Гасымов Ф. М. Влияние абиотических факторов на урожай абрикоса в условиях Южного Урала 149

Логинова С. Ф. Зимостойкость и биометрические показатели интродуцированных сортов земляники в условиях пленочных теплиц в Ленинградской области	156
--	-----

ОБЗОРЫ

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)	164
---	-----

Лепехов С. Б. Эффективность отбора в ранних поколениях гибридов сельскохозяйственных культур по урожайности и признакам продуктивности (обзор)	177
---	-----

ИСТОРИЯ АГРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВИР. СЛАВНЫЕ ИМЕНА

Лоскутова Н. П., Озерская Т. М. Мобилизация генетических ресурсов растений с территории Индии	191
--	-----

CONTENTS

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

Bagmet L. V., Shlyavas A. V., Makagonova N. N. Apple cultivars of baltic breeding in the herbarium collection of VIR	9
---	---

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Makarenko S. A., Kotov L. A. Ornamental apple tree in the Urals and Siberia	17
Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V. Adaptability of spring oat yield in the environments of the Near-Irtysh area in Omsk Province	29
Yusova O. A. New sources of higher green matter quality for perennial grasses in the southern forest-steppe environments of West Siberia	40

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

Grigoryev S. V. New sources of agriculturally valuable traits in hemp from the VIR collection for cultivar development	51
Ivakin A. P., Grushin A. A. Studying yield components and attractions indices in common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) accessions in the Northern Zone of the Volga-Akhtuba Floodplain	59
Kozubovskaya G. V., Balakshina V. I. The yield of multi-rowed barley (var. <i>pallidum</i>) in the arid steppe zone	68
Kostina L. I., Kosareva O. S. The collection of potato cultivars as a source for breeding for high yield, earliness, and resistance to late blight, virus diseases and <i>Globodera rostochiensis</i> Woll.	75
Malysheva N. Yu., Isaeva N. L., Gubanova E. A., Malyshev L. L. Evaluation of commercial traits in the accessions of <i>Medicago sativa</i> L. from Asia Minor	83

GENETICS OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Anisimova I. N., Alpatieva N. V., Goryunova S. V., Goryunov D. V., Konarev A. V., Gavrilova V. A., Radchenko E. E. Structural variability of sunflower gene for methionine-rich albumin SFA8	92
Kolesova M. A., Tyryshkin L. G. Inheritance of effective juvenile leaf rust resistance in six accessions of <i>Aegilops speltoides</i> Tausch	105

PROGRESS IN DOMESTIC PLANT BREEDING AT THE PRESENT STAGE

Korotkikh I. N., Babaeva E. Yu., Burova A. E. Breeding results for <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench in Moscow Province	112
Komar-Tyomnaya L. D. Distribution of morphological traits in ornamental peach cultivars according to their priority	120
Smekalova T. N., Lebedeva N. V., Novikova L. Yu., Ljubchenko A. V. Morphological features of the inflorescence in jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) accessions from the VIR collection	128

IMMUNITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Zoteyeva N. M., Kosareva O. S., Evdokimova Z. Z. Assessment of potato cultivars and breeding clones for susceptibility to <i>Rizoctonia solani</i> and <i>Streptomyces scabies</i>	142
---	-----

BRIEF REPORTS

Gasymov F. M. The effect of abiotic factors on apricot yield in the Southern Urals	150
---	-----

Loginova S. F. Winter hardiness and biometric indices of introduced strawberry cultivars under plastic film greenhouse conditions in Leningrad Province	156
--	-----

SURVEYS

Buravtseva T. V., Egorova G. P., Vishnyakova M. A. The 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)	165
Lepekhov S. B. Efficiency of selection in early generations of crop hybrids for high yield and yield components (a review)	177

HISTORY OF AGROBIOLOGICAL RESEARCH AND VIR. NAMES OF RENOWN

Loskutova N. P., Ozerskaya T. M. Mobilization of plant genetic resources from the territory of India	192
---	-----

МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

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

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-9-16

УДК: 634.11:631.527:581.9(474)

**Л. В. Багмет,
А. В. Шлявас,
Н. Н. Макагонова**

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

Ключевые слова: Гербарий
культурных растений, их диких
родичей и сорных растений,
прибалтийская селекция, сорт,
сохранение генетических
ресурсов растений (ГРР),
Malus domestica Borkh.

Поступление:
31.10.2018

Принято:
10.12.2018

**L. V. Bagmet,
A. V. Shlyavas,
N. N. Makagonova**

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

Key words:
herbarium of cultivated plants,
crop wild relatives and weeds,
Baltic breeding, cultivars,
conservation of plant genetic
resources (GRR)
Malus domestica Borkh.

Received:
31.10.2018

Accepted:
10.12.2018

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

СОРТА ЯБЛОНИ ПРИБАЛТИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Важнейшее назначение гербарной коллекции ВИР – документировать культурную флору и ее динамику. В частности, гербарий должен отражать видовой и сортовой состав живых коллекций института в разные периоды времени. Проведен анализ коллекций яблони домашней сортов прибалтийской селекции (*Malus domestica* Borkh.) в Гербарии ВИР (WIR), а также гербаризация недостающих сортов в коллекции научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Коллекция содержит 88 образцов 56 сортов яблони прибалтийской селекции, из них 38 образцов (сортов) поступили в коллекцию в 2017 году.

ORIGINAL ARTICLE

APPLE CULTIVARS OF BALTIC BREEDING IN THE HERBARIUM COLLECTION OF VIR

The most important purpose of the VIR Herbarium collection (WIR) is to document the cultivated flora and its dynamics. In particular, the herbarium should reflect the species and varietal composition of the live collections of the institute at different periods of time. The collection of apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars of Baltic breeding in the VIR Herbarium has been analyzed, and the cultivars from the collection maintained at the Science and Production Base "Pushkin and Pavlovsk laboratories of VIR" (SPB VIR), previously missing in the herbarium collection, herbarized. The collection contains 88 specimens of 56 apple cultivars of Baltic breeding, of which 38 specimens of 38 varieties were added to the collection in 2017.

С первых лет руководства Отделом прикладной ботаники и селекции Н. И. Вавилов поставил задачей создание гербария, отражающего видовой и сортовой состав коллекции института в качестве зафиксированного оригинального материала: «В 1923 году закончен гербарий пшениц, ячменя и некоторых бобовых растений и приступлено к созданию гербария по другим возделываемым растениям. Создавая гербарий возделываемых растений, Отдел имел в виду собрать образцы всех сортов культурных растений, привести их в строго систематический и географический порядок, чтобы каждый, интересующийся той или иной культурой, мог бы быстро ориентироваться ботанически в сортовом составе того или другого растения» (Vavilov, 1924, p. 32).

Гербарий культурных растений, их диких родичей и сорных растений (таково официальное название Гербария ВИР) – единственный в России, в котором хранятся сорта культурных растений. Важнейшее назначение гербарной коллекции ВИР (WIR) – документировать состав культурной флоры, дать полные и надежные сведения об изменении культурной флоры разных регионов за разные периоды времени (динамика состава). В частности, в гербарии сохраняются многочисленные стародавние сорта-популяции, в настоящее время уже нигде не встречающиеся. Они служат ценным свидетельством истоков развития различных культур и определяют территории поиска новых форм для селекции. Гербарий культурных растений позволяет судить об идентичности репродукций разных лет и оригинала (образца, первым поступившего на хранение). Кроме того, сохраненные оригинальные образцы сортов представляют собой документ для апробации. Именно по гербарным образцам, собранным в разные годы, можно проследить, какие изменения претерпевает культурное растение с течением времени (Smekalova et al., 2012). Основной фонд Гербарной коллекции ВИР насчитывает около 130 тысяч образцов в количестве 250 тысяч гербарных листов. Самые многочисленные семейства в составе коллекции: Злаковые (Poaceae Barnhart) – около 23 тысяч гербарных образцов; Розовые (Rosaceae Juss.) – около 21 тысячи образцов; Бобовые (Fabaceae Lindl.) – около 20 тысяч образцов.

Род яблони (*Malus* Mill.) насчитывает 2560 образцов в количестве 3380 гербарных листов. В рамках работы по сохранению и пополнению коллекции была проведена ревизия вида *M. domestica* Borkh. в Гербарной коллекции ВИР. На основании Полевых журналов отдела генетических ресурсов плодовых культур была восстановлена сопроводительная информация к гербарным сборам сортов яблони на коллекции Павловской ОС ВИР 1977 и 1978 года (43 образца). После восстановления информации образцы смонтированы, зарегистрированы в базе данных и информационно-поисковой системе «Гербарий ВИР» и влиты в Основной фонд. Перемонтировано 30 образцов листьев сортов яблони, определены как *M. domestica* шесть образцов. Присвоены номера 187 образцам из фонда, из них 163 образца – сборы Ф. Д. Лихоноса: 33 образца – цветы яблони с Волгоградской опытной (1964) и Крымской помологической (1965) станций ВИР, 30 образцов – листья яблони с сельскохозяйственной опытной станции в штате Нью-Йорк (США, 1928).

В настоящее время генетическая коллекция яблони отдела генетических ресурсов плодовых культур ВИР насчитывает более 3800 образцов сортов и видов яблони из 44 стран мира, сохраняемых *ex situ* в шести филиалах института. В коллекционных садах НПБ в живом виде поддерживается более 500 образцов, из которых 65 – образцы сортов яблони прибалтийской селекции. В условиях Северо-Западного региона эти сорта показывают себя наилучшим образом, а сорта 'Осеннее Полосатое' и 'Папировка' с 1947 г. включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. В 2017 году в коллекции научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» были сделаны сборы прибалтийских сортов яблони для пополнения Гербарной коллекции ВИР. Было собрано, высушено, смонтировано, зарегистрировано в БД «Гербарий ВИР» и влито в Основной фонд 38 образцов яблони прибалтийской селекции.

В результате проведенных исследований установлено, что коллекция *M. domestica* в Основном фонде Гербария ВИР составляет 1427 образцов (1955 г. л.), из которых 1398 образцов представляют около 900 сортов и гибридов. Анализ происхождения образцов показал, что коллекция содержит 88 образцов 56 сортов яблони прибалтийской селекции,

из которых 74 образца собрано на опытных станциях ВИР. Из 65 прибалтийских сортов коллекции генетических ресурсов плодовых культур в гербарной коллекции имеется 50

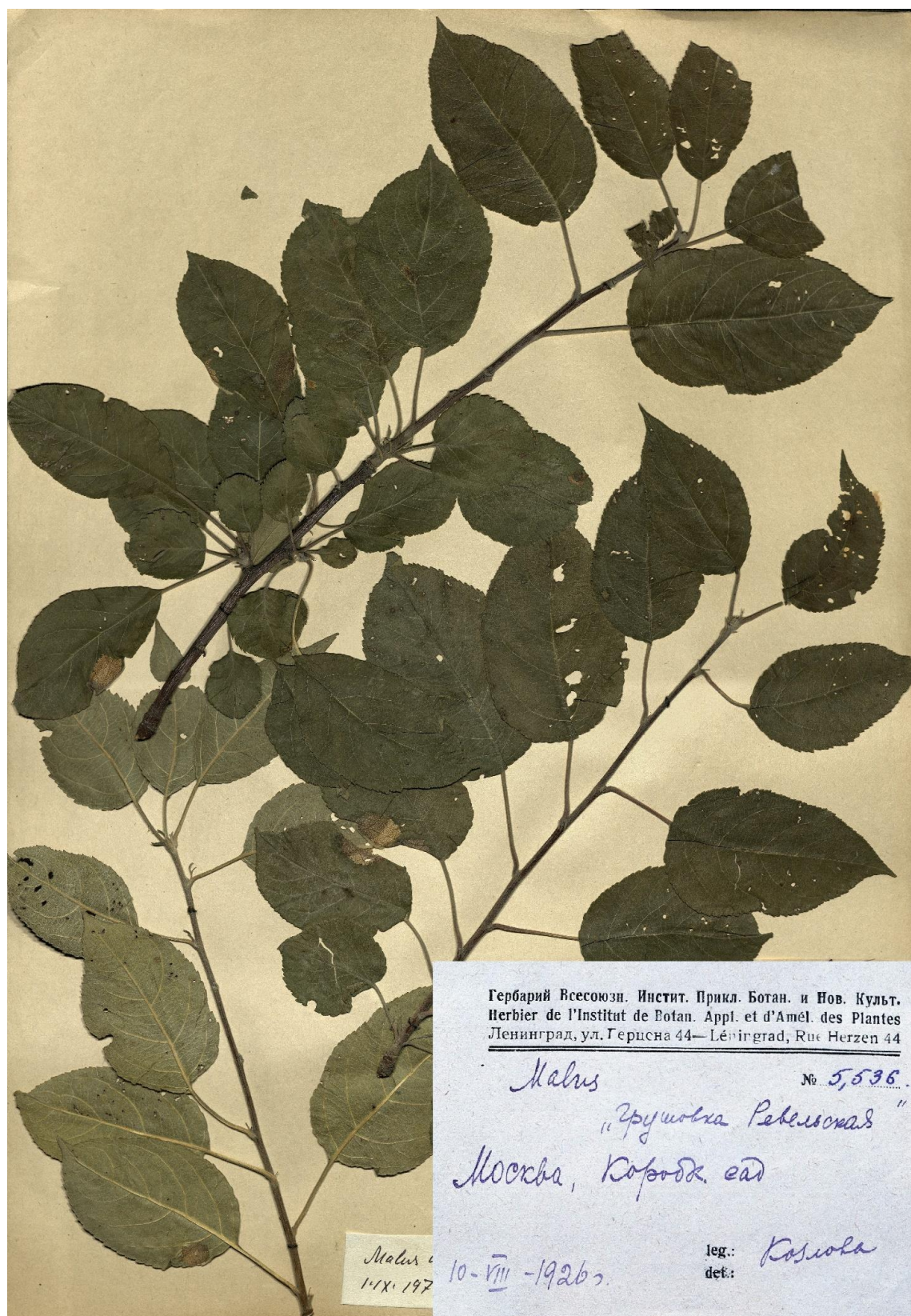


Рис. 1. Образец 'Грушовки Ревельской' (1926) из Гербария ВИР (WIR)
Fig. 1. A specimen of cv. 'Grushovka Revelskaya' (1926) from the VIR Herbarium (WIR)



Рис. 2. Образец 'Ананаса Бержаницкого' (1971) из Гербария ВИР (ВИР)
Fig. 2. A specimen of cv. 'Ananas Berzhanitskogo' (1971) from the VIR Herbarium (VIR)

сортов, из которых ранее в наличии было 20 сортов, а 30 сортов поступили в 2017 году (таблица). Шесть сортов, имеющих в гербарной коллекции, отсутствуют в коллекции отдела плодовых культур (Гибрид Штараса № 489, Гибрид Штараса № 674, Гибрид Штараса № 736, 'Зимнее Требу', 'Осеннее Десертное', 'Полли Каунитар').

Наиболее ценными гербарными образцами мы считаем сборы 1920-х годов. Это образцы сорта 'Черное дерево', собранные на Млиевской опытной станции (Черкасская

область Украины) и в имении Николаевское при Высших сельскохозяйственных курсах, а также сборы 'Грушовки Ревельской', сделанные в знаменитом Коробковском саду, в Москве (рис. 1). Сад был заложен в 1880 году купцом Коробковым и на момент сбора образцов (1926 год) плодовым деревьям было около 50 лет (<https://topos.memo.ru/en/node/404>).

Таблица. Сорта яблони прибалтийской селекции в коллекции ВИР
Table. Apple-tree cultivars of Baltic breeding in the VIR collection

№ п/п	Название сорта	Оригинальные названия и синонимы	Страна происхождения сорта, гибрида	Коллекция отдела ГРП плодовых культур		Гербарий ВИР (VIR)		
				№ каталога ВИР	Источник поступления образца в коллекцию	№ образца	Место сбора	Год сбора
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Абрикосовое	Голубок Крюгера, Krugerī Tuvion	Эстония	к-20334	Эстония, ОС Полли	25701	ПОС ВИР	1968
2	Алро	Alro	Латвия	к-38172	Латвия, Баухский ГСУ	100868	НПБ ВИР	2017
3	Ананас Бержаницкого	Ананас бержаницкий, Ананасное бержаницкое, Ренет Гребницкого, Profesora Hrebnika renete, Ananas Berženicki, Beržininku Ananas, Berženinku Ananasa	Литва	к-229	Литва, Вильнюс	30767	Гродненская обл.	1971
						100869	НПБ ВИР	2017
4	Анис Алый (Упита)		Латвия	к-15367	Латвия, учхоз	27466	МОС ВИР	1969
						15574	ПОС ВИР	1978
						100870	НПБ ВИР	2017
5	Ауксис	Auksis	Литва	к-22595		100871	НПБ ВИР	2017
6	Винтспилиете II (Упита)		Латвия	к-31710	Латвия, ОС Огре	-		
7	Витенское Летнее		Литва	к-20286	Литва, ГСУ	15568	ПОС ВИР	1977
						100872	НПБ ВИР	2017
8	Гибрид Штараса № 268		Литва	к-20296	Литва, Витенская ОС	-		
9	Гибрид Штараса № 404		Литва	к-20307	Литва, Витенская ОС	100873	НПБ ВИР	2017
10	Гибрид Штараса № 489		Литва	-		31812	ПОС ВИР	1977
11	Гибрид Штараса № 497		Литва	к-40811	Германия	-		
12	Гибрид Штараса № 506		Литва	к-20304	Литва, Витенская ОС	47860	ПОС ВИР	1976
						15565	ПОС ВИР	1977
13	Гибрид Штараса № 646		Литва	к-20297	Литва, Витенская ОС	47704	ПОС ВИР	1976
14	Гибрид Штараса № 674		Литва	-		31809	ПОС ВИР	1977
15	Гибрид Штараса № 736		Литва	-		47691	ПОС ВИР	1976
16	Гибрид Штараса № 843		Литва	б/н	Литва, Витенская ОС	100874	НПБ ВИР	2017
17	Гибрид Штараса № 868		Литва	к-20299	Литва, Витенская ОС	-		
18	Грушовка Ревельская	Грушовка, Bumbierābols, Rēveles Bumbierābele, Tallinna Pirnõun, Revalischer Birnapfel, Revaler Birnapfel, Revalischer Zikadapfel, Birnapfel, Doktor Fisch, Päärõon, Ревельская грушовка	Эстония	к-10128	Псковская обл.	5536	Москва, Коробков сад	1926
						5537	Москва, Коробков сад	1926
						5538	Москва, Коробков сад	1926
						5539	Москва, Коробков сад	1926
						6256	ВОС ВИР	1964
						27416	МОС ВИР	1969
19	Елгавское Летнее	Jelgavas vasaras	Латвия	к-28791	Латвия, ОС Огре	-		
20	Жемантийское Сливочное	Рижское Молочное, Polnischer Sahnenapfel, Smietankowoe, Riia Piimõun	Латвия	к-1573		100875	НПБ ВИР	2017
21	Зимнее Наслаждение		Латвия	к-20314	Латвия, ОС Огре	100876	НПБ ВИР	2017
22	Зимнее требу		Эстония	-		15573	ПОС ВИР	1978
23	Иванаускаса Сладкое		Литва	к-20302	Литва, Витенская ОС	100877	НПБ ВИР	2017
24	Иедзену	Iedžēnu	Латвия	к-32505	Латвия, ОС Пуре	100878	НПБ ВИР	2017

№ п/п	Название сорта	Оригинальные названия и синонимы	Страна происхождения сорта, гибрида	Коллекция отдела ГРП плодовых культур		Гербарий ВИР (WIR)		
				№ каталога ВИР	Источник поступления образца в коллекцию	№ образца	Место сбора	Год сбора
1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	Илга	Ilga	Латвия	к-32508	Латвия, ОС Пуре	100879	НПБ ВИР	2017
26	Каунис	Kaunis	Литва	к-28081	Литва, Вильнюсский сортоучасток	100880	НПБ ВИР	2017
27	Киёр	Kiir	Эстония	к-15384	Эстония, ОС Полли	100881	НПБ ВИР	2017
28	Койдула	Koidula	Эстония	к-20310	Латвия, ОС Пуре	31810	ПОС ВИР	1977
29	Койт	Koit	Эстония	к-15385	Эстония, ОС Полли	100882	НПБ ВИР	2017
30	Краса Сада	Aia ilu, Айя-ылу	Эстония	к-28585	Эстония, ОС Полли	100883	НПБ ВИР	2017
31	Лайзанское Зимнее	Laizānu ziemas	Латвия	к-20333	Латвия, г. Кандава	100885	НПБ ВИР	2017
32	Лизумское Желтое	Lizuma ziemas	Латвия	к-20340	Латвия, г. Кандава	100886	НПБ ВИР	2017
33	Лимонно-Желтое Зимнее		Эстония	к-15383	Эстония, ОС Полли	100887	НПБ ВИР	2017
34	Линда Кальвиль	Lindi kalvill	Эстония	к-28576	Эстония, ОС Полли	-		
35	Литовское Сахарное		Литва	к-15391	Ленинградская ОС садоводства	41587	ПОС ВИР	1978
36	Монтвиловка		Литва	к-20300	Литва, Витенская ОС	15470 31808	ПОС ВИР ПОС ВИР	1976 1977
37	Мунишкийское Сладкое		Литва	к-11722	Литва, Каунасский ОП	-		
38	Осеннее Десертное	Sügisdessert, Сюгис десерт, Sügisdessertdun, Sigisdesert	Эстония			15578	ПОС ВИР	1978
39	Осеннее Полосатое	Штрейфлинг, Штрифель, Лифляндское-Грабенштейнское, Амтманское, Полосатое осеннее, Осенняя полосатка, Штрейфлинг осенний, Штрейфлинг, Стрифель, Обрез, Обрезковое, Старостино, Lifländischer Gravensteiner, Streifling Herbst, Amtmannsapfel, Лифляндское грабенштейнское, Осенний штрейфлинг, Полосатка осенняя	вероятно прибалтийской селекции	к-1083	питомник Регеля	15506 63946 30790 36492	ВОС ВИР ПОС ВИР Гродненская обл. ПОС ВИР	1964 1953 1971 1975
40	Осмолон Тальви		Эстония	к-28796	Литва, Каунас	100888	НПБ ВИР	2017
41	Пайдесское Зимнее	Пайдское зимнее, Paides ziemas, Paide tali	Эстония	к-1112	Эстония, ОС Полли	3674 36496 100889	ПОС ВИР ПОС ВИР НПБ ВИР	1973 1976 2017
42	Папировка	Алебастровое, Налив Белый Прибалтийский	вероятно прибалтийской селекции	к-38223	Удмуртия	5700 5701 14200 14201 15508 30776 100890	Уманы, Царицын сад Волынская губ. Туркменская ОС ВИР Туркменская ОС ВИР ВОС ВИР Гродненская обл. НПБ ВИР	1920-е годы 1920-е годы 1947 1948 1964 1971 2017
43	Пасикиви Тальви №3		Эстония	к-709А	Эстония, о-в Сааремаа	100891	НПБ ВИР	2017
44	Полли Каунитар	Polli Kaunitar	Эстония	-		15465	Эстония, ОС Полли	1968
45	Поллинская №28		Эстония	к-11752		-		
46	Пыльтсамааское Зимнее	Пылтсамааское Зимнее, Peltsama, Poltsamaa talidun	Эстония	к-20309		31127 36487 41579 41580	ПОС ВИР ПОС ВИР ПОС ВИР ПОС ВИР	1973 1976 1978 1978

№ п/п	Название сорта	Оригинальные названия и синонимы	Страна происхождения сорта, гибрида	Коллекция отдела ГРП плодовых культур		Гербарий ВИР (WIR)		
				№ каталога ВИР	Источник поступления образца в коллекцию	№ образца	Место сбора	Год сбора
1	2	3	4	5	6	7	8	9
47	Раз		Эстония	к-28581	Эстония, ОС Полли	100893	НПБ ВИР	2017
48	Рая	Raja	Латвия	к-5487A		-		
49	Ренет Каркси	Karksi Reneett	Эстония	к-38207	Эстония, ОС Полли	100894	НПБ ВИР	2017
50	Ренет Крюднера		Эстония	к-12246	Эстония, ОС Полли	41593	ПОС ВИР	1978
51	Рижский Голубок	Сеянец Требу, Пярнуский голубок, Голубок Пярнуский, Trebū šeklaudzis, Treboux, Pärnu tuviõun, Pärnavas baložābele, Rtrebuu seemik, Treboux Sämling, Lambanina	Латвия	к-433	Отрада Кубанская	100895	НПБ ВИР	2017
52	Сарма	Sarma	Латвия	к-38206	Латвия, Иелзени	100896	НПБ ВИР	2017
53	Серинка	Серинка серая	вероятно, прибалтийской селекции	к-11745	Латвия, учхоз	27417	МОС ВИР	1969
						100897	НПБ ВИР	2017
54	Старс	Stars	Латвия	к-32511	Латвия, Баухский ГСУ	100898	НПБ ВИР	2017
55	Суслейпское	Суйслеппер, Малиновка, Вейсенштейнское, Суйслеппское, Суйслепп, Суйслепп вейсенштейнский, Pfirsichroter Sommerapfel, Rotstrahliger, Suislepper, Suislepper Apfel aus Dorpat, Weißsteiner	вероятно прибалтийской селекции	к-1626	питомник Регеля	5779	Умань, Царицын сад	1920-е годы
						5997	Крымская ОС ВИР	1965
						100899	НПБ ВИР	2017
56	Сыстарооза	Sõstaroosa	Эстония	к-28579	Эстония, ОС Полли	100900	НПБ ВИР	2017
57	Талве Наудинг	Talvenauding, Зимнее Наслаждение	Эстония	к-38194	Эстония, ОС Полли	100901	НПБ ВИР	2017
58	Тартусское Белое		Эстония	к-20336	Эстония, о-в Сааремаа	100902	НПБ ВИР	2017
59	Теллисааре	Telisäre, Tellissaare õun	Эстония	к-1654	Эстония, ОС Полли	31129	ПОС ВИР	1973
						36486	ПОС ВИР	1975
60	Тиина	Tiina	Эстония	к-28587	Эстония, ОС Полли			
61	Тууслар	Tuuslar	Эстония	к-28792	Латвия, ОС Пуре	100903	НПБ ВИР	2017
62	Фих		Латвия	к-31749	Латвия, ОС Пуре	100904	НПБ ВИР	2017
63	Фореле	Forele	Латвия	к-43159	Латвия, п/о Берзаун «Идзене»	100905	НПБ ВИР	2017
64	Хийума № 5		Эстония	к-7083A	Эстония, о-в Хийума	-		
65	Цериба		Латвия	к-28619	Латвия, ОС Огре	-		
66	Черное Дерево	Mustpuu, Blakwood, Schwarzholfapfel, Черное дерево волжское, Черное дерево настоящее, Черное дерево приволжское, Tchorne dérévo	вероятно, прибалтийской селекции	к-1766	Московский помологический питомник	5797	Николаевское	1920-е годы
						5942	Млиевская ОС	1926
						6025	ВОС ВИР	1964
						100906	НПБ ВИР	2017
67	Чудо Раз		Эстония	к-31751	Эстония, ОС Полли	-		
68	Яблоня из Вильянди		Эстония	к-28571	Эстония, Вильянди	-		
69	Яблоня Сааремская №15	Saaremaa 15	Эстония	к-7085A	Эстония, Вильянди	-		
70	Ялкарнан Кеса		Эстония	к-20311	Латвия, ОС Пуре	31803	ПОС ВИР	1977
71	№ 497		Литва	к-7091A	Литва, Витенская ОС	-		
72	№ 88		Эстония	к-7097A	Эстония, ОС Полли	100907	НПБ ВИР	2017

Большая часть образцов прибалтийских сортов собрана в период активного пополнения Гербарной коллекции ВИР в 70-х годах прошлого века (26 гербарных образцов). Среди них можно отметить сборы из Гродненской области А. А. Маковской, содержащие фотографии деревьев (см. рис. 2). Однако самое массовое вливание – гербарные сборы 2017 г. в коллекционных садах НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», причем это первые сборы сортов яблони из коллекции ВИР после 1978 года. К сожалению, из-за периодичности плодоношения культуры яблони не удалось сделать гербарные сборы сортов яблони в 2018 году, но работа по закреплению образцов живой коллекции ВИР в Гербарии культурных растений, их диких родичей и сорных растений обязательно будет продолжена. Кроме того, назрела необходимость пополнения коллекции современными прибалтийскими сортами яблони.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0003 «Сохранение генетических ресурсов растений в живом виде на популяционно-видовом, организменном уровне, на уровне органов и частей растений, геномных ДНК в условиях ex situ, а также сохранение гербарных коллекций» с использованием материалов Гербария ВИР (WIR)», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А17-117030910078-3

References/Литература

- Vavilov N. I. Department of applied botany and selection of the state Institute of experimental agronomy (Otdel prikladnoj botaniki i selekcii gosudarstvennogo instituta opytnoj agronomii) [in Russian] // Selection and seed production in the USSR : review of the results of selection and seed organizations by 1923. Moscow, 1924, p. 32. (Вавилов Н. И. Отдел прикладной ботаники и селекции Государственного института опытной агрономии // Селекция и семеноводство в СССР: обзор результатов деятельности селекционных и семеноводческих организаций к 1923 г. М., 1924. С. 32).
- State register of selection achievements approved for use (Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij dopushchennyh k ispol'zovaniyu). Vol. 1 Plant varieties http://reestr.gossort.com/reestr/cultur_e/300 [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений http://reestr.gossort.com/reestr/cultur_e/300).
- Memorial 2015. Estate «Korobkovo» <https://topos.memo.ru/en/node/404> [in Russian] (Мемориал 2015. Имение «Коробково» <https://topos.memo.ru/en/node/404>).
- Smekalova T. N., Bagmet L. V., Chuhina I. G. Herbarium VIR (WIR) and his role in solving the problems of mobilization, conservation and study of Plant Genetic Resources (Gerbarij VIR im N. I. Vavilova (WIR) i ego rol' v reshenii problem mobilizacii, sohraneniya i izucheniya geneticheskikh resursov rastenij) [in Russian] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2012, vol. 169, p. 180–192 [in Russian] (Смекалова Т. Н., Багмет Л. В., Чухина И. Г. Гербарий ВИР им Н. И. Вавилова (WIR) и его роль в решении проблем мобилизации, сохранения и изучения генетических ресурсов растений // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 169. С. 180–192).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-17-27

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631-152/-153: 634.11: 634.124:
635.051.4/7**С. А. Макаренко,
Л. А. Котов**

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН», структурное подразделение «Свердловская селекционная станция садоводства» Россия, 620076, Екатеринбург, ул. Щербакова, 147
e-mail: sirius0775@mail.ru

Ключевые слова:

яблоня, зимостойкость, плакучая, зонтичная, шаровидная, красноцветковые яблони, сибирская ягодная яблоня, яблоня Недзведского

Поступление:

19. 06.2018

Принято:

10.12.2018

**S. A. Makarenko,
L. A. Kotov**

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Structural Subdivision "Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture", 147, Shcherbakova St., Ekaterinburg, 620076, Russia;
e-mail: sirius0775@mail.ru

Key words:

apple tree, winter hardiness, weeping, umbel-shaped, sphere-shaped, red-flowered apple trees, *Malus baccata*, *Malus niedzwetzkyana*.

Received:

19.06.2018

Accepted:

10.12.2018

ДЕКОРАТИВНАЯ ЯБЛОНЯ НА УРАЛЕ И В СИБИРИ

В результате аналитической и синтетической селекции яблони на Урале и в Сибири получен ряд декоративных форм яблони с различными архитектурными кронами, пригодных для возделывания в ландшафтах с суровыми климатическими условиями России и, что очень важно, Урала и Сибири. Штамбовую форму кроны имеют сортообразцы яблони с зелеными листьями 'Бесприданница', «Зеленая простертая», «Шаровидная», с антоциановой окраской разной интенсивности листьев, цветков и плодов 'Аврора', 'Весна', 'Кармен', «Малиновка декоративная», зонтичную с зелеными листьями *Malus baccata* f. *pendula* 'Плакучая', «Волна», «Зонтичная крупноплодная» и с антоциановой окраской вегетативных частей дерева 'Алая плакучая', 'Газонная', «Звезда», плакучие с антоциановой окраской листьев, но не цветущие формы «Каскад» и «Ярославна».

ORIGINAL ARTICLE

ORNAMENTAL APPLE TREE IN THE URALS AND SIBERIA

Analytical and synthetic apple-tree breeding in the Urals and Siberia resulted in the development of a number of ornamental apple-tree forms with various architectural crowns. They are adapted for cultivation in Russian landscapes with severe climate, including – and it is very important – the environments of the Urals and Siberia. The following apple-tree variety accessions have a sphere-shaped crown: 'Bespridannitsa', «Zelenaya Prostertaya» and «Sharovidnaya» with green leaves, and 'Aurora', 'Vesna', 'Karmen' and «Malinovka Dekorativnaya» whose leaves, flowers and fruits have anthocyanin coloring of different intensity; an umbel-shaped crown: *Malus baccata* f. *pendula* 'Plakuchaya', «Volna» and «Zontichnaya Krupnoplodnaya» with green leaves, and 'Alaya Plakuchaya', 'Gazonnaya' and «Zvezda» with anthocyanin coloring of the tree's vegetative parts; and a weeping crown: «Kaskad» and «Yaroslavna», non-flowering forms, but with anthocyanin-colored leaves.

Введение

Яблоня – широко распространенная плодовая культура. Ее виды и сорта произрастают в умеренной зоне на всех континентах. Наряду с продуктивной составляющей, яблоня приобрела широкое распространение как декоративная культура, деревья которой прекрасны как в одиночных посадках, так и в группах и отлично чувствуют себя в условиях урбанизированного ландшафта. Яблоневые сады наполнены палитрой разнообразных окрасок листьев, цветков, плодов и их ароматов.

В европейской части России, Беларуси и других государствах в озеленении активно используют различные видовые формы, в том числе и гибридного происхождения (Barsukova, 2011, 2016; Kozlovskaya, 2015).

В первичных центрах происхождения яблони выделены видовые формы, имеющие декоративное значение. В Китае, Японии и Корее это *M. hupehensis* (Pamp.) Rehd., *M. kansuensis* (Batal.) C. K. Schneid., *M. × spektabilis* (Aiton) Borkh., *M. × spectabilis* var. *albi plena*, *M. × spectabilis* var. *rubra plena*, *M. × sargentii* Rehd., *M. × zumi* (Matsum.) Rehd., *M. × floribunda* Sieb., *M. × sublobata* (Dippel) Rehd., *M. × arnoldiana* (Rehd.) Sarg., *M. × atrosanguinea* (Spath.) Schneid., *M. × scheideckerii* Spath.). В суровых условиях Сибири это *M. baccata* (L.) Borkh., *M. × cerasifera* Spach., *M. × prunifolia* (Willd.) Borkh. В Средней Азии – *M. niedzwetzkyana* Dieck, *M. × purpurea* (Barbier.) Rehd., в Северной Америке – *M. coronaria* (L.) Mill., *M. platycarpa* Rehd., *M. soulardii* (Bail.) Britt. (Barsukova, 2016).

Оценку видового состава яблони по возможному использованию в Сибири выполнила З. И. Лучник (Luchnik, 1970). Ею разработана методика изучения зимних повреждений, проведен эколого-географический анализ и установлена зависимость развития и перезимовки растений от условий произрастания. Для суровых районов Сибири и Урала рекомендованы представители четырех видов: *Malus baccata*, *M. × cerasifera*, *M. × prunifolia* и *M. niedzwetzkyana*. Особый интерес представляют новые карликовые формы *M. baccata*, выделенные в Селенгинском районе Бурятии (Rudikovskij et al., 2008, 2010).

Поскольку многие широко известные декоративные виды нежизнеспособны или имеют сильные зимние повреждения в условиях Урала и Сибири, то наряду с селекцией адаптивных сортов яблони с комплексом хозяйственно ценных признаков актуальна работа по созданию, выделению и оценке декоративных сортов и форм яблони с целью расширения сортимента декоративных культур.

Условия, объекты и методика исследований

Работа выполнена в ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» обособленное структурное подразделение «Свердловская селекционная станция садоводства» на Уникальной научной установке «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, Екатеринбург)». Изучение и оценка сортообразцов проведена по общепринятым в плодоводстве методикам (Programma..., 1995; 1999).

Климат Среднего Урала континентальный и характеризуется продолжительным зимним периодом с частым вторжением холодных масс с севера и относительно теплых южных циклонов, с которыми связаны резкие изменения погоды. Средняя температура января составляет –16... –17°C. Абсолютный минимум температуры воздуха –40... –44°C. Средняя высота снежного покрова 40–50 см. Во все зимние месяцы могут наблюдаться оттепели. Сумма положительных температур

1408... 2531°C, гидротермический коэффициент (ГТК) = 0,8–2,4, продолжительность вегетационного периода 141–197 дней. Лето умеренно теплое, но короткое. В мае и июне (25 мая – 6 июня) возможны возвратные заморозки. Первые заморозки 2 – 13 сентября. Продолжительность безморозного периода 90–110 дней. Количество осадков за вегетационный период составляет 177–438 мм. Дефицит влаги наблюдается весной и в начале лета. Средняя температура июля +16,5... +18,5°C (Agroklimaticheskie resursy..., 1978).

Объекты исследований – декоративные образцы яблони.

Результаты и их обсуждение

Основой создания плодового сортимента яблони на Урале и в Сибири послужили дикie виды *M. baccata*, *M. × prunifolia* (Luchnik, 1976; Makarenko, Kalinina, 2016). Однако селекционеры отбирали и декоративные формы яблони, но их внедрению не уделяли должного внимания. Это привело к засилью российского рынка сортами из европейских стран, которые не адаптивны к суровым условиям Урала и Сибири. Первые сорта декоративной яблони, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ, созданы на Свердловской селекционной станции садоводства. Ниже приведено описание сортов и перспективных форм декоративной яблони.

Широкое внедрение яблони в озеленении улиц городов Урала и Сибири произошло в 30-е гг. XX века. Как правило, это были деревья ягодной яблони – *M. baccata*. Это самый зимостойкий вид яблони, выдерживающий морозы до минус 50–55°C. Отличается разветвленной мочковатой корневой системой, что определяет легкую приживаемость при пересадке деревьев.

Надземная часть представлена густой округлой кроной. Плодоношение обильное. Плоды очень мелкие, массой 1 г. Имеет разновидности. Вид пластичен в стрижке с возможностью формирования шаров, кубов, прямоугольных стен и других фигур.

На Свердловской селекционной станции садоводства из забайкальской разновидности *M. baccata* выделена форма с сортовым названием 'Городская'. Деревья хорошей силы роста, с полной кроной отличаются обильным «водопадным» цветением в необычно поздние сроки, т. к. зацветает после окончания цветения сортообразцов *M. × domestica* Borkh.

В декоративном плане для селекции интерес представляет вид *M. niedzwetzkyana* (яблоня Недзвецкого), который выделяется антоциановой пигментацией разной интенсивности коры побегов, листьев, лепестков цветков и чашечки, кожицы и мякоти плодов, а также сильно окрашены камбий и семена, но с плодами посредственного вкуса. Зимостойкость для Урала и Сибири неудовлетворительная. От скрещивания его с *M. baccata* и сортом 'Ранетка пурпуровая' (F₁ от *M. baccata*) получена высокозимостойкая гибридная популяция, в которой у значительной части сеянцев проявляется краснолиственность в сочетании с красноцветковостью разной интенсивности (от бледных до мрачных интенсивно-свекольных тонов). Из них П. А. Диброва в 30-е гг. выделил отборный окрашенный сеянец, недостатком которого был мрачный, почти черный свекольный цвет лепестков. После повторного опыления его в Екатеринбурге пыльцой «северных» зеленолистных форм яблони среди гибридных сеянцев выделен более декоративный экземпляр – «Малиновка декоративная». Ее деревья среднерослые или кустовидные, краснолистные. Цветение обильное, лепестки малиново-розовые, очень яркие, чистые, праздничного вида. Плоды мелкие, бордовые, массой 8–12 г, чашечка неопадаящая.

Известно, что сибирская ягодная яблоня неустойчива к парше. В начале 60-х гг. прошлого века в период сильных эпифитотий парши в трехкилометровой защитной полосе *M. baccata* в Екатеринбурге выделено 3 дерева с высокой устойчивостью к парше. Одно из этих деревьев с названием «Сибирка паршеустойчивая» сохраняется до сих пор «для будущих поколений». При его опылении пылью немецкого сорта 'Ekonimirat ekstermeier' с бледно-розовыми лепестками в 1949 г. на Станции получен гибрид *M. baccata* f. *pendula* – 'Плакучая'.

'Плакучая'. Сорт получен Л. А. Котовым, включен в Госреестр РФ селекционных достижений и допущен к использованию на территории России с 1998 г.

Деревья довольно рослые. Форма кроны плакучая. Кора на основных сучьях гладкая (на старых – слегка шелушащаяся), серовато-зеленоватая. На побегах и 2-летних побегах кора коричневато-оливкового цвета, блестящая, голая. Побег тонкий, длинный, в основании дугообразно изогнутый, в сечении круглый. Ветвь изгибающаяся, сильнооблиственнная. Лист средней величины (длиной 10 см, шириной 4,7 см), эллиптически вытянутый, удлинённый, зелёный, блестящий, без опушения. Край листа ровный, пильчатый или двоякопильчатый. Листья осыпаются довольно поздно.

Цветок средней величины с удлинёнными обратнойцевидными лепестками, белый. Интенсивность цветения среднее. Плод очень мелкий, овальной формы, массой 1 г (размер 0,8 × 0,8 см), с опадающей чашечкой, розовый, долго не осыпается, после заморозков мякоть размягчается. Зимостойкость высокая – на уровне сибирской ягодной яблони. Декоративен в течение всего года. Рекомендуются для посадки на открытых площадках в парках и скверах, на хорошо освещённых улицах, солитерами на газонах.

'Газонная'. Получена Л. А. Котовым от скрещивания Мощная × Ekonimirat ekstermeier. Сорт включен в Госреестр селекционных достижений РФ и допущен к использованию на территории России с 1998 г.

Деревья среднерослые. Побеги и листья имеют выраженную красную пигментацию, особенно в первую половину лета. Дерево с декоративной зонтично-плакучей формой кроны (рис. 1а). Побег длинный, полого-дуговидный, пониклый, чаще горизонтально-дуговидный, тонкий, средней толщины. Лист относительно мелкий, длина листовой пластинки 6,7 см, ширина 4,3 см. Форма пластинки овально-ромбическая (вытянуто-ромбическая). Край листа приподнят, слегка волнистый, блестящий, голый, темно-зеленовато-красноватый, молодой лист красный. Позднее листья еще более темнеют за счет преобладания зеленого цвета.

Соцветия многоцветковые. Бутоны и цветки малиново-красные. Лепестки цветка овальной формы, расположены плотно, красно-малиновые, яркие. Тычинки и пыльники красные (рис. 2). Цветение обильное, позднее, после распускания листьев продолжительное. Плод очень мелкий, массой 8–12 г, сплошь темно-красный, округло-цилиндрической формы, несколько расширяющийся к верхушке плода. Мякоть красная, яркая, с оранжевым оттенком, плотная, сочная, жесткая, терпко-кислая. Созревание позднеосеннее. Зимостойкий. Цветет с начала до середины июня. Рекомендуются для одиночных и аллейных посадок.

Высокодекоративные взрослые деревья этого сорта можно увидеть у научного корпуса Свердловской селекционной станции садоводства, на Госсортоучастке в совхозе имени Ленина Домодедовского района в Подмоскowie, перед входом в Академический Драмтеатр города Екатеринбурга, на одной из площадей города Нижний Тагил.



Рис. 1. Форма кроны у сортов декоративной яблони в коллекции Свердловской селекционной станции садоводства: а – зонтично-плакучая («Газонная»), б – шаровидная («Шаровидная»), с – плакучая («Каскад»), д – плакучая на низком штамбе («Ярославна»)

Примечание: а – фото Л. А. Котова; б–д – фото С. А. Макаренко

Fig. 1. Crown shapes of ornamental apple-tree varieties in the collection of Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture: (a) umbellate-weeping («Gazonnaya»); (b) sphere-shaped («Sharovidnaya»); (c) weeping («Kaskad»); (d) weeping, on a short trunk («Yaroslavna») Note: (a) photo by L. A. Kotov; (b–d) photos by S. A. Makarenko



Рис. 2. Цветущая ветвь декоративной яблони сорта 'Газонная'
(Фото Л. А. Котова)

Fig. 2. A flowering branch of the ornamental apple-tree variety 'Gazonnaya'
(Photo by L. A. Kotov)

‘Алая плакучая’. Сорт получен Л. А. Котовым [(Па 22 × Ekonimirat ekstermeier) × *M. baccata*]. Сорт включен в Госреестр селекционных достижений РФ и допущен к использованию на территории России с 1998 г.

Дерево среднее, быстрорастущее, с густой зонтичной формой кроны. Кора гладкая, шелушащаяся, серая. Срастание привоя с подвоем прочное. Побеги тонкие, прямые и дугообразные, округлые, коричневато-бурые, голые. Чечевичек мало, мелкие. Почки отогнутые, мелкие, конические, гладкие. Листья мелкие, продолговатые, светло-зеленые с красным оттенком, при распускании красновато-коричневые. Пластинка листа вогнутая и слабоопушенная, край листа мелкогородчатый, волнистый.

Соцветие зонтиковидное. Бутоны пурпурные. Цветочные почки мелкие, гладкие, удлинённые. Цветки простые, среднего размера, слабочашевидные, ярко-розовые, алые, ароматные. Лепестки эллиптические, прилегающие. Плоды очень мелкие, одномерные, округлые, гладкие. Плодоножка длинная, тонкая, прямая. Воронка отсутствует. Чашечка непадающая, закрытая, блюдце отсутствует. Окраска по всему плоду кирпично-красная, подкожные точки незаметные. Мякоть красная, грубая, сухая, вкус с горечью, вяжущий, терпкий. Сохранность плодов на дереве средняя.

Сорт очень зимостойкий, засухоустойчив, устойчив к болезням и вредителям. Цветение обильное, среднего срока. Рекомендуется для озеленения в Волго-Вятском (4) регионе. Выращивание возможно в трех видах формирования: а) широкий плотный куст высотой до 2,5 м; б) в прививке на высокий дикий штамб на заданной высоте от 1 до 3,5-4,0 м естественно формируется зонтичная крона, ветви которой растут горизонтально и наклонно вниз; в) в ковровой форме по поверхности почвы.

«Шаровидная». Выделена в гибридном саду П. А. Диброва из сеянцев от посева смеси семян 1939 г.

Дерево высокостойкое типа сибирской ягодной яблони. Множество мелких тонких побегов с очень высокой побегообразовательной способностью формируют правильную, густую, шаровидную форму кроны (рис. 1b). Она выглядит так, как будто ее регулярно аккуратно подстригают. Крона естественно шаровидная. Растет медленно. Для усиления роста, а также для повышения декоративности, форму следует прививать на дикий штамб *M. baccata* на высоте от метра и выше.

За 70 лет существования в виде различных привитых комбинаций она не цвела и считалась бесплодной. Лишь в 2011 г. на деревьях было отмечено слабое цветение с белыми цветками. Плоды желтые, с опадающей чашечкой, овальной формы плоды, массой 2–3 г.

«Шаровидная» хороша для солитерных посадок в центре свободных газонов, а также аллейными рядами.

«Зонтичная крупноплодная». С появлением коттеджных поселков и огороженных дачных участков появился смысл выращивания декоративных плодовых деревьев с крупными съедобными плодами. «Зонтичная крупноплодная» – естественно-стланцевая форма для многоснежных сибирских регионов с использованием родительских генов немецкого сорта ‘Elise Rathke’. Крона плотная, листва зеленая, густая и крупная, культурного типа. Побеги толстые, опушенные, изгибаются, растут вниз, создавая плотный зонт.

Плоды довольно крупные, по 120 г, яйцевидной формы, светло-желтые, с солнечной стороны покрыты розовым полосатым румянцем. Срок созревания раннеосенний. Мякоть плода рыхлая, сочная, удовлетворительного кисло-сладкого вкуса.

‘Зонтичная крупноплодная’ прививается на желаемую высоту зимостойкого штамба (до 2–3 метров от земли). При перерастании среднего размера дереву требуется снижение кроны.

«Волна». Перспективная декоративная форма яблони с зонтичной формой кроны и крупными плодами осенне-зимнего потребления, хорошего кисло-сладкого вкуса, с небольшим полосатым румянцем. Побеги средней толщины, опушенные, растут прижимаясь к почве, со временем образуя «тарелку» или клумбу, сначала цветущую, затем плодоносящую. Три-четыре года почву под кроной рыхлят и пропалывают. А затем, когда листва закроет почву от перегрева, можно будет застелить ее под кроной плотным мульчирующим материалом, защищающим от застарения травой.

В условиях Сибири легко укрывается снегом, который защищает дерево-стланец от низких температур воздуха. Для защиты цветков от заморозков ее следует высаживать на возвышенных садопригодных местах. При прививке на зимостойкий штамб ‘Волна’ формирует зонтичную форму кроны, из которой можно создать навес над двориком или иной площадкой (по горизонтальным рейкам).

«Зеленая простертая». Образец получен от скрещивания сортов ‘Мощная’ и ‘Ekonimirat ekstermeier’.

Деревья среднерослые. От материнской исходной формы унаследовали высокую адаптивность. Форма кроны распростертая, раскидистая, но довольно компактная. Образец зеленолиственный, с белыми цветками. Такие формы деревьев составляют интересный контраст при посадке совместно с зонтичными краснолепестными формами.

В Сибири селекционерами яблони М. А. Лисавенко и Л. Ю. Жебровской созданы декоративные сорта яблони: ‘Кармен’ – с пурпуровыми, ‘Аврора’ – с темно-красными, ‘Весна’ – с очень крупными светло-красными и ‘Бесприданница’ – с белыми цветками. Среди сеянцев от свободного опыления

Malus baccata f. *purpurea pendula* в начале 2000-х гг. С. А. Макаренко отобраны образцы «Звезда», «Каскад» и «Ярославна».

Декоративные сортообразцы представляют ценность для условий Западной Сибири, но рекомендованы и для европейской части страны, поскольку превосходят по зимостойкости и не уступают по декоративности распространенной в культуре краснолистной и розовоцветковой яблоне Недзвецкого.

‘Аврора’. Сорт получен М. А. Лисавенко и Л. Ю. Жебровской от скрещивания ‘Ранетки пурпуровой’ с ‘Пепином шафранным’ (Luchnik, 1976).

Дерево среднерослое (4–5 м), густоветвистое, раскидистое. Кора многолетних ветвей темно-серая, побегов – темно-пурпуровая. Молодые листья и черешки пурпурово-красные, слегка опушенные. На жилках и черешках опушение сохраняется до осени. Развитые листья крупные (длина 7–9, ширина 6–8 см), округлые или широкоовальные, верхние удлинённые, по краю – городчато-пильчатые. С верхней стороны листья темно-зеленые, снизу светло-зеленые с пурпуровым оттенком, черешки и все жилки с нижней стороны пурпуровые. Поверхность листьев несколько морщинистая с глубоко вдавленными жилками.

Бутоны темно-пурпурово-красные, раскрывшиеся цветки пурпурово-розовые, более интенсивно окрашены, чем у сортов ‘Кармен’ и ‘Весна’. Диаметр цветка 4–4,5 см, форма своеобразная, воронковидная. Лепестки их у основания сближенные, налегающие друг на друга, негладкие. Чашелистики 7–8 мм длиной, снаружи голые, с внутренней стороны опушенные, концы их отогнуты к цветоножке. Завязь темно-фиолетовая с матовым налетом. Плоды темно-пурпуровые, летом с сизым налетом, к осени налет исчезает. Высота их 2–2,5, диаметр 1,8–2,7 см. По форме округлые или продолговатые, с пятью ребрами, несколько суженные к чашечке.

‘Весна’ Сорт получен М. А. Лисавенко и Л. Ю. Жебровской от свободного опыления неизвестных сортов. Дерево сильнорослое (6–7 м), раскидистое, с горизонтально отходящими ветвями. Кора скелетных ветвей темно-пурпуровая с серым оттенком, однолетних темно-пурпуровая (Luchnik, 1976).

Листья крупные (длина 8,0–10,0, ширина 5,5–7,0 см), овальные или яйцевидные, крупно-пильчато-городчатые, молодые буровато-красные, развитые (летние) сверху зеленые, снизу с выраженным пурпурово-фиолетовым оттенком. Листовые черешки и жилки с нижней стороны листа пурпурово-фиолетовые, густоопушенные.

Бутоны обратнояйцевидные, пурпурово-красные, цветки очень крупные (5,0–6,5 см в поперечнике). При полном распускании почти плоские. Лепестки пурпурово-розовые по периферии и беловатые в центре, постепенно выгорают до светло-розовых. Цветоножки, завязи и чашелистики опушенные.

Плоды плоскоокруглые 3,0–3,5 см в поперечнике и 2,5 см высотой, пурпурово-красные с выраженным сизым налетом, кислые. Блюдце глубокое, чашечка к осени опадает. Дерево зимостойкое, ежегодно обильно цветет и плодоносит.

‘Кармен’. Сорт получен М. А. Лисавенко и Л. Ю. Жебровской от скрещивания в 1946 г. сеянца № 46 (‘Весна’) с ‘Бельфлер-китайкой’ (Luchnik, 1976).

Дерево сильнорослое (5–6 м), со сравнительно узкой малоразветвленной кроной. При плодоношении ветви поникают. Кора скелетных ветвей пурпурово-серая. Молодые листья и побеги красновато-пурпуровые, голые, за исключением верхушечных листьев, покрытых мягкими волосками. Развитые листья 7,0–8,0 см длиной и 4,0–5,5 см шириной, удлинённо-овальные, длиннозаостренные, по краю пильчатые, зеленые, только их черешки и средняя жилка снизу пурпурово-красные. Опушение очень слабое, сохраняется только снизу по жилкам у основания листа. Поверхность листа гладкая.

Бутоны темно-карминно-пурпуровые, при распускании цветков лепестки светлеют до розовых. Цветки округло-чашевидной формы, диаметром 4,0–5,0 см. Цветоножки голые или слабо опушенные у основания, длинные (5,5–6,0 см), несколько поникающие, что является характерным признаком сорта. Завязь слабоопушенная, блестящая, чашелистики голые.

Плоды мелкие (1,5–1,7 см высотой и 1,5–1,8 см в диаметре), большей частью грушевидной формы, блестящие пурпурово-красные с солнечной стороны и светло-бурые с теневой, кислые. Мякоть плодов зеленая с красными прожилками. Чашечка рано опадает.

Дерево зимостойкое, обильно цветет и плодоносит. Период цветения около 9–13 дней.

‘Бесприданница’. Сорт получен от свободного опыления среднерусских крупноплодных сортов. Отобран в 1934 г. М. А. Лисавенко в одном из любительских садов г. Бийска (Luchnik, 1976).

Дерево сильнорослое (6–7 м), с мощной шаровидной кроной. Кора скелетной части и побегов буровато-зеленая. Дерево напоминает европейскую дикую яблоню лесную. Листья средней величины (длина 7,0–9,0, ширина 4,0–6,0 см), широкоовальные или округлые, круто переходящие в небольшой острый кончик, по краю пильчато-городчатые, сверху гладкие, темно-зеленые, голые или слабоопушенные. Цветки чисто-белые, чашевидные, средней величины (3,0–4,0 см в поперечнике).

Зимостойкость дерева удовлетворительная. Цветение обильное. По окончании цветения цветки опадают с цветоножками, завязей не образует.

«Звезда». Форма получена С. А. Макаренко.

Деревья карликовые. Высота маточного растения 2,5–2,8 м в возрасте 12 лет. Кора скелетных ветвей красно-коричневатая, молодые побеги темные, пурпурово-коричневые с многочисленными чечевичками. Почки крупные, прижатые острые. Молодые листья и побеги с антоциановой окраской, голые, за исключением верхушечных листьев, покрытых мягкими волосками. Развитые листья 7,0–8,0 см длиной и 4,0–5,5 см шириной, удлинённо-овальные, длинно-заостренные, по краю городчатые, темно-зеленые с легкой антоциановой окраской листовой пластинки, черешков и средней жилки снизу в течение всей вегетации. Опушение очень слабое, сохраняется только снизу по жилкам у основания листа. Поверхность листа гладкая, края слабоволнистые. Бутоны пурпуровые, при распускании цветков лепестки светлеют до розовых. Цветки крупные, блюдцевидной формы, диаметром 4,0–5,0 см. Лепестки удлинённые, слабо сомкнутые, с цельным краем с заостренной верхушкой, что делает цветки похожими на «звезды». Цветоножки красные, голые, длинные (5,5–6,0 см). Завязь слабоопушенная, пурпурового цвета, чашелистики голые красного цвета.

Плоды очень мелкие (0,5–0,7 см высотой и 0,5–0,8 см в диаметре), округлой формы, блестящие пурпурово-красные, кислые. Мякоть плодов красная. Чашечка опадает рано. Плоды держатся прочно.

Дерево высокостойкое, обильно цветет и плодоносит, в том числе и на однолетнем приросте. Период цветения 9–13 дней. Хорошо формирует зонтичную форму кроны на штамбах разной высоты.

«Каскад». Форма получена С. А. Макаренко. Маточное растение оказалось нежизнеспособным и погибло на второй год роста.

Растение закреплено на штамбе высотой 2 м, имеет среднюю силу роста. Ветви горизонтально не растут и образуют плакучую (ниспадающую; рис. 1с) форму кроны диаметром до 1,0–1,5 м на штамбах разной высоты. Скелетные ветви и приросты текущего года тонкие, темно-пурпурового цвета (рис. 3). Почки мелкие.

Листья мелкие, до 5,0–6,0 см длиной и до 2,5 см шириной, ланцетовидной формы с интенсивной зеленовато-пурпурово-красной окраской в течение всей вегетации, облиственность хорошая. Край листа волнистый, зубчатый. Зимостойкость в Сибири высокая. Растения не цветут. Декоративно круглый год.



**Рис. 3. Молодой побег декоративной яблони «Каскад»
(Фото С. А. Макаренко)**

**Fig. 3. A young shoot on the ornamental apple-tree «Kaskad»
(Photo by S. A. Makarenko)**

«Ярославна». Форма получена С. А. Макаренко. Маточное растение оказалось нежизнеспособным и погибло на второй год роста.

Растение закреплено на штамбе высотой 2 м, имеет среднюю силу роста. Ветви горизонтально не растут и образуют плакучую форму кроны диаметром до 1,5–1,8 м на штамбах разной высоты (рис. 1d). Ветви быстро дорастают до поверхности почвы. Скелетные ветви и приросты текущего года тонкие, пурпурового цвета. Почки мелкие. Листья мелкие до 5–7 см длиной и 1,5–2,0 см шириной, ланцетовидной формы с зеленовато-красной окраской в течение всей вегетации, облиственность хорошая. Край листа городчатый иногда слаборассеченный. Зимостойкость в Сибири высокая. Растение не цветет, но декоративно круглый год.

Заключение

В результате многолетней работы по сортоизучению и оценки диких видов яблони, удачного подбора исходных родительских форм с измененным типом роста и антоциановой окраской на Урале и в Сибири создан сортимент декоративной яблони, сочетающий высокую зимостойкость и декоративность с разной архитектурой кроны, пригодный для возделывания в суровых климатических условиях европейской части России. Штамбовую форму кроны имеют сортообразцы яблони с зелеными листьями 'Бесприданница', «Зеленая простертая», «Шаровидная», с антоциановой окраской разной интенсивности листьев, цветков и плодов 'Аврора', 'Весна', 'Кармен', 'Малиновка декоративная', зонтичную с зелеными листьями *Malus baccata* f. *pendula* 'Плакучая', «Волна», «Зонтичная крупноплодная» и с антоциановой окраской вегетативных частей дерева 'Алая плакучая', 'Газонная', «Звезда», плакучие с антоциановой окраской листьев, но не цветущие формы «Каскад» и «Ярославна».

References/Литература

- Agroklimaticheskie resursy Sverdlovskoj oblasti*. Leningrad, 1978, 158 p. [in Russian] (*Агроклиматические ресурсы Свердловской области*. Ленинград, 1978. 158 с.).
- Barsukova O. N. Dekorativnye vidy yablони // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2011, vol. 45, pp. 21–26 [in Russian] (*Барсукова О. Н. Декоративные виды яблони // Субтропическое и декоративное садоводство*. 2011. Т. 45. С. 21–26).
- Barsukova O. N. Late-flowering varieties and wild species of apple-tree in the collection of Maikop experiment station of VIR // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2016, vol. 177, iss. 3, pp. 74–81 [in Russian] (*Барсукова О. Н. Поздноцветущие сорта и виды яблони в коллекции ВИР, поддерживаемой на Майкопском филиале // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016. Т. 177, вып. 3. С. 74–81).
- Kozlovskaya Z. A. Composition and utilization of the apple-tree collection in belarus // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2015, vol. 176, iss. 1, pp. 47–58 [in Russian] (*Козловская З. А. Состав и использование яблони в Беларуси*. 2015. том 176, вып. 1. С. 47–58).
- Luchnik Z. I. Introdukciya derev'ev i kustarnikov v Altajskom krae. Moscow, 1970, 656 p. [in Russian] (*Лучник З. И. Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае*. М., 1970. 656 с.).
- Luchnik Z. I. Novye altajskie sorta dekorativnoj yablони // Nauchnye chteniya pamyati akademika M. A. Lisavenko. Barnaul, 1976, vol. VI, pp. 59–64 [in Russian] (*Лучник З. И. Новые алтайские сорта декоративной яблони // Научные чтения памяти академика М. А. Лисавенко*. Барнаул, 1976. Т. VI. С. 59–64.).
- Makarenko S. A., Kalinina I. P. Genetic potential of apple-tree breeding in the south of West Siberia // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2016, vol. 177, iss. 1, pp. 91–109 [in Russian] (*Макаренко С. А., Калинина И. П. Генетический потенциал в селекции яблони на юге Западной Сибири // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016. Т. 177, вып. 1. С. 91–109.).
- Programma i metodika selekcii plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel : VNIISPK, 1995, 608 p. [in Russian] (*Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур*. Орел : ВНИИСПК, 1995. 608 с.).
- Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel : VNIISPK, 1999, pp. 159–201 [in Russian] (*Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур*. Орел : ВНИИСПК, 1999. С. 159–200).
- Rudikovskij A. V., Rudikovskaya E. G., Dudareva L. V., Kuznecova L. V. Unikal'nye i redkie formy yablони sibirskoj Selenginskogo rajona Buryatii // Sibirskij ehkologicheskij zhurnal, 2008, no. 2, pp. 327–333 [in Russian] (*Рудиковский А. В., Рудиловская Е. Г., Дударева Л. В., Кузнецова Л. В. Уникальные и редкие формы яблони сибирской Селенгинского района Бурятии // Сибирский экологический журнал*. 2008. № 2. С. 327–333).
- Rudikovskij A. V., Rudikovskaya E. G., Pobezhimova T. P. Rost i zimostojkost' nizkoroslyh form yablони sibirskoj v usloviyah goroda Irkutskaja // Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki, 2010, № 12, pp. 30–35 [in Russian] (*Рудиковский А. В., Рудиловская Е. Г., Побежимова Т. П. Рост и зимостойкость низкорослых форм яблони сибирской в условиях города Иркутска // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2010. № 12. С. 30–35).

DOI:10.30901/2227-8834-2019-28-38

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 664.617:633.13:1 925.116

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

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», 644012 г. Омск, пр. Королева 26, e-mail: sibniish@bk.ru

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

Ключевые слова:

яровой овес, урожайность, стабильность, пластичность, адаптивность, стрессоустойчивость, компенсаторная способность, ранг

Поступление:

24.04.2018

Принято:

10.12.2018

АДАПТИВНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО ОВСА В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Актуальность. Повышенный интерес к яровому овсу сдерживается высокой лабильностью климатических факторов в местных условиях, которые обуславливают высокую вариабельность урожайности в разные годы. Изменить эту ситуацию можно за счет создания, выявления и внедрения новых сортов овса. Цель работы – оценка адаптивного потенциала урожайности у сортов ярового овса селекции Омского аграрного научного центра в условиях Омского Прииртышья по наиболее распространенным статистическим параметрам. **Объект** исследований – 9 сортов ярового овса, рекомендованные для возделывания в данном регионе, а также проходящие государственное испытание: ‘Орион’ (стандарт), ‘Иртыш 13’, ‘Иртыш 21’, ‘Иртыш 23’, ‘Тарский 2’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Скакун’, ‘Факел’ и ‘Сибирский Геркулес’. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2011–2017 гг. на опытных полях Омского аграрного научного центра, расположенных в южной лесостепи. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Математическая обработка проведена методом дисперсионного анализа, рассчитаны параметры адаптивности, стабильности и пластичности урожайности. **Результаты.** Наиболее пластичны (по методике по А. А. Грязнова) сорта ‘Орион’, ‘Сибирский Геркулес’, ‘Факел’, ‘Тарский 2’ и ‘Иртыш 21’ с индексами экологической пластичности 1,00–1,07. По S. A. Eberhard, W. A. Russell пластичны сорта ‘Памяти Богачкова’, ‘Факел’, ‘Сибирский Геркулес’, ‘Иртыш 13’, ‘Иртыш 21’ и ‘Тарский 2’ (коэффициент линейной регрессии = $1,10 \pm 1,30$). Высокой стрессоустойчивостью (по А. А. Rossielle и J. Hemblin) обладали ‘Иртыш 23’, ‘Скакун’ и ‘Орион’ (до –3,0). Высоко стабильны (по S. A. Eberhard и W. A. Russell) сорта ‘Орион’, ‘Иртыш 21’, ‘Тарский 2’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Иртыш 13’, ‘Скакун’, ‘Сибирский Геркулес’ при минимальных нелинейных отклонениях от линии регрессии 0,1–0,3. Высокой компенсаторной способностью (по А. А. Rossielle и J. Hemblin) обладали ‘Тарский 2’, ‘Иртыш 21’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Факел’ и ‘Орион’ ($4,00 \div 4,20$). Наиболее адаптивны (по Л. А. Животкову) сорта ‘Сибирский Геркулес’, ‘Иртыш 21’, ‘Тарский 2’, ‘Факел’, ‘Орион’ (коэффициент адаптивности 1,00–1,07%). К интенсивным сортам (по В. А. Драгавцеву) отнесены ‘Иртыш 13’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Факел’ и ‘Сибирский Геркулес’ относятся (коэффициент мультипликативности = 2,30), ‘Орион’, ‘Иртыш 21’, ‘Тарский 2’ и ‘Скакун’ – полуинтенсивному ($2,00 \div 2,10$). ‘Иртыш 23’ экстенсивного типа (1,82). **Заключение.** Согласно принципу ранжирования сортов, наиболее приспособлены для возделывания в местных экологических условиях сорта ‘Тарский 2’, ‘Иртыш 21’, ‘Сибирский Геркулес’, ‘Памяти Богачкова’ и ‘Факел’.

**P. N. Nikolaev¹,
N. I. Aniskov²,
O. A. Yusova¹,
I. V. Safonova²**

¹Omsk Agrarian Scientific Center,
26, Prospekt Koroleva, Omsk, 644012,
Russian Federation;
e-mail: sibniish@bk.ru

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

Key words:

spring oats, yield, stability,
plasticity, adaptability, stress
resistance, compensatory ability,
rank

Received:

24.04.2018

Accepted:

10.12.2018

ADAPTABILITY OF SPRING OAT YIELD IN THE ENVIRONMENTS OF THE NEAR-IRTYSH AREA IN OMSK PROVINCE

Background. The increasing interest in spring oats is constrained by high lability of climate factors in the local environments, which causes considerable variability of yields in different years. This situation may be changed by identifying, developing and introducing new oat cultivars. The aim of this work is to assess the adaptive potential of yield in spring oat cultivars developed at Omsk Agrarian Scientific Center in the environments of the Near-Irtysh area in Omsk Province, taking into account the most common statistical parameters. **The object** of the research were 9 spring oat cultivars recommended for cultivation in the region and undergoing the State Variety Trials: 'Orion' (reference), 'Irtysh 13', 'Irtysh 21', 'Irtysh 23', 'Tarsky 2', 'Pamyati Bogachkova', 'Skakun', 'Fakel' and 'Sibirsky Gerkules'. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out in 2011–2017 on the experimental fields of Omsk Agrarian Scientific Center located in the southern forest-steppe area. Agricultural practice used in the experiments was conventional for West Siberia. Mathematical data processing was based on the analysis of variance (ANOVA); yield adaptability, stability and plasticity parameters were calculated. **Results.** The most plastic (according to A. A. Gryaznov's methodology) were the cultivars 'Orion', 'Sibirsky Gerkules', 'Fakel', 'Tarsky 2' and 'Irtysh 21' with indices of environmental plasticity 1.00–1.07. According to S. A. Eberhard's and W. A. Russell's criteria, plasticity was identified in 'Pamyati Bogachkova', 'Fakel', 'Sibirsky Gerkules', 'Irtysh 13', 'Irtysh 21' and 'Tarsky 2' (linear regression coefficient: $1.10 \div 1.30$). High stress resistance (according to A. A. Rossielle and J. Hemblin's technique) was observed in 'Irtysh 23', 'Skakun' and 'Orion' (up to -3.0). Highly stable (according to S. A. Eberhard and W. A. Russell) were 'Orion', 'Irtysh 21', 'Tarsky 2', 'Pamyati Bogachkova', 'Irtysh 13', 'Skakun' and 'Sibirsky Gerkules' with minimal nonlinear deviations from the regression line ($0.1-0.3$). High compensatory capacity (according to A. A. Rossielle and J. Hemblin) was shown by 'Tarsky 2', 'Irtysh 21', 'Pamyati Bogachkova', 'Fakel' and 'Orion' ($4.00 \div 4.20$). The most adaptable cultivars (according to L. A. Zhivotkov) were 'Sibirsky Gerkules', 'Irtysh 21', 'Tarsky 2', 'Fakel' and 'Orion' (adaptability coefficient: $1.00-1.07\%$). The cultivars 'Irtysh 13', 'Pamyati Bogachkova', 'Fakel' and 'Sibirsky Gerkules' were identified (according to V. A. Dragavtsev) as intensive-type cultivars (multiplicative coefficient: 2.30); 'Orion', 'Irtysh 21', 'Tarsky 2' and 'Skakun' as semi-intensive ones ($2.00 \div 2.10$); and 'Irtysh 23' as an extensive-type cultivar (1.82). **Conclusion.** In compliance with the principle of variety ranking, the cultivars 'Tarsky 2', 'Irtysh 21', 'Sibirsky Gerkules', 'Pamyati Bogachkova' and 'Fakel' are most suitable for cultivation under local environmental conditions.

Введение

Овес – универсальная культура как по широте распространения, так и по использованию. Он выращивается во всех зерносеющих областях России и служит сырьем для пищевой и комбикормовой промышленности. Однако повышенный интерес к этой культуре со стороны производства в Западной Сибири сдерживается высокой лабильностью климатических факторов в местных условиях (часто повторяющиеся летние засухи, короткий безморозный период, дефицит тепла и т.д.). Они обуславливают высокую вариабельность урожайности в разные годы. Изменить эту ситуацию можно за счет создания, выявления и внедрения новых сортов овса (Batalova, 2013).

В 2017 году в Государственном реестре селекционных достижений по Западной Сибири допущено к использованию 39 сортов овса. Наибольший вклад в формирование сортовых ресурсов ярового овса внесли сибирские селекционеры – они создали 34 сорта (85%). Однако урожайность и качество зерна этой культуры остаются нестабильными. Нужны новые сорта овса, сочетающие высокую продуктивность, устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам, технологичность и адаптивность к почвенно-климатическим условиям возделывания (Surin, 2011). При этом по мере роста потенциальной продуктивности сортов значение устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров будет неуклонно возрастать. Дальнейшее расширение овсяного поля в Западной Сибири зависит от многих факторов, основным из которых является сорт (Fomina, 2013; Borisova, 2008).

Для выявления адаптивных форм желательны контрастные условия. Чтобы оценить изучаемый материал в условиях одного экологического пункта требуется, как правило, более трех лет. Под адаптивностью подразумевается способность сорта формировать высокие урожаи в условиях значительного колебания агрометеорологических условий, что позволит стабилизировать производство зерна. При этом сорта должны быть экологически пластичными и обладать индивидуальной реакцией на изменения климатических и метеорологических условий. Оценка реакции сорта на изменения условий выращивания позволит решать вопросы земледелия с подбором сортов для каждого хозяйства. Для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортов по варьированию их урожайности используется ряд методов, позволяющих оценить стабильность урожайности сортов. Они имеют определенные достоинства и недостатки. Поэтому актуальным является сравнение этих методов с целью оценки их перспективности (Zhuchenko A. A., 1990; Nikolaev et al., 2018; Yusova et al., 2016). К сожалению, вопросы адаптивности сортов овса в Омской области изучены недостаточно.

В связи с этим цель данной работы – оценка адаптивного потенциала урожайности по наиболее распространенным статистическим параметрам сортов ярового овса селекции ФГБНУ ОмАИЦ в условиях Омского Прииртышья.

Материал и методика проведения исследований.

Экспериментальная часть работы проводилась на опытных полях Омского АИЦ (Южная Лесостепь, г. Омск) в течение 2011–2017 гг. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона, наблюдения, оценки и учеты в питомниках – согласно методике ВИР по изучению коллекции ячменя и овса (Loskutov et al., 2012). Площадь делянки 10 м² повторность 4-х кратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га.

Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа (Dospekhov, 1985).

Рассчитаны индексы экологической стабильности и пластичности, индекс условий среды (I_j) (Eberhard, Russell, 1966). Взаимодействие генотип $\times$ среда при этом расчленяется на две части: линейную реакцию сорта на среду (b_i) – коэффициент экологической пластичности и нелинейные отклонения от линии регрессии ($\sigma^2 d$) – стабильность. Сорта с $b_i > 1$ требовательны к высокому уровню агротехники.

Коэффициент адаптивности (КА) рассчитывали по Л. А. Животкову по варьированию урожайности (Zhivotkov et al., 1994). Общую видовую реакцию определяли суммированием урожайности отдельных сортов с последующим делением показателя на общее их число. Среднесортная урожайность года берется за 100 %, затем рассчитывается отношение урожайности каждого из испытываемых сортов к среднесортной.

$$KA = \left(\frac{UC_1}{CCUG_1} + \frac{UC_2}{CCUG_2} + \dots + \frac{UC_n}{CCUG_n} \right) / n, \quad (1)$$

где UC_1, UC_2, UC_n – урожайность сорта в разные годы и испытаний;

$CCUG_1, CCUG_2, CCUG_n$ – среднесортная урожайность года.

По показателю КА оценивали адаптивные возможности сортов. Если он превышает 100 %, то такой сорт потенциально продуктивен.

Устойчивость к стрессу и компенсаторную способность сорта определяли по А. А. Rossielle, J. Hemblin (1981) в изложении А. А. Гончаренко (Goncharenko, 2005).

$$Устойчивость\ к\ стрессу = Y_{min} - Y_{max} \quad (2)$$

где Y_{min} – минимальная урожайность сорта;

Y_{max} – максимальная урожайность сорта.

Компенсаторную способность сорта рассчитывали по формуле:

$$Компенсаторная\ способность = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}. \quad (3)$$

Метод А. А. Грязнова основан на вычислении среднего индекса экологической пластичности (ИЭП) по формуле:

$$ИЭП = \left(\frac{UC_1}{CYO_1} + \frac{UC_2}{CYO_2} + \dots + \frac{UC_n}{CYO_n} \right) / n, \quad (4)$$

где UC_1, UC_2, UC_n – урожайность сорта в разные годы и испытаний;

CYO_1, CYO_2, CYO_n – средняя урожайность сортов в каждом из вариантов опыта (Gryaznov, 1996).

В. А. Драгавцевым во избежание линейного артефакта коэффициента регрессии был введен новый параметр – коэффициент мультипликативности (КМ). Чем выше числовое значение этого коэффициента, тем сильнее изменяется урожайность сорта в различных условиях (Dragavtsev et al., 1984).

Наиболее адаптивные для условий южной лесостепи Западной Сибири сорта выделяли на основании суммы рангов по перечисленным методам.

Объектами исследований являлись 9 сортов ярового овса – *Avena sativa* L. var. *mutica* Alef. селекции ФГБНУ СибНИИСХ, рекомендованные для возделывания в данном регионе, а также проходящие государственное испытание. Ниже приведена краткая характеристика сортов.

‘Орион’ (Омский кормовой 1 $\times$ Ристо).

Сорт среднеспелый, засухоустойчивость – выше средней, характеризуется стабильно высоким потенциалом продуктивности, иммунитета и высокой устойчивости к полеганию. С 2001 года он является стандартом при испытании сортов овса по Омской области. Сорт включен в Госреестр по Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому регионам. Патент № 0327,

зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 22.04.1999 г.

‘Иртыш 13’ (получен методом индивидуального отбора из сорта ‘Harmon’, Канада).

Сорт среднеспелый, устойчив к засухе, к пыльной и покрытой головне и корончатой ржавчине. Основное достоинство – высокий иммунитет в сочетании с довольно высокой продуктивностью и крупностью зерна. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 1991 г. Патент № 0326, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 22.04.1999 г.

‘Иртыш 21’ [(Мутика 611 × Мутика 570) × Скакун].

Сорт среднеспелый, засухоустойчивость на уровне стандарта. Отличается высокой устойчивостью к поражению пыльной и покрытой головней, к полеганию, высокими продуктивностью и качеством зерна. Сорт включен в Госреестр по Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам с 2003 г. Патент № 2102, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 23.01.2004 г.

‘Иртыш 23’ (Памяти Богачкова × Мутика 810).

Сорт среднеспелый, характеризуется стабильно высоким качеством зерна и урожайностью. Устойчив к пыльной и покрытой головне, корончатой ржавчине.

‘Тарский 2’ [(Мутика 290 × Бизантина 474) × К-12914].

Сорт среднеспелый, характеризуется повышенной устойчивостью к засухе, к пыльной и покрытой головне, среднеустойчив к корончатой ржавчине, склонен к полеганию. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 2001 г. Патент № 0942, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 28.03.2001 г.

‘Памяти Богачкова’ (Фаленский 3 × Мутика 559).

Сорт среднеспелый, характеризуется высокой устойчивостью к пыльной и покрытой головне, среднеустойчив к корончатой ржавчине. Основное достоинство – высокая продуктивность в сочетании со скороспелостью и высоким иммунитетом. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 2000 г. Патент № 0592, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 05.04.2000 г.

‘Скакун’ (сорт селекции НПО «Подмосковное и Ульяновской опытной станции, получен путем скрещивания сортов ‘Фрезер’ и ‘Астор’).

Сорт среднеранний и среднеспелый, устойчивость к полеганию и осыпанию выше средней и высокая, устойчивость к засухе средняя. Слабо поражается пыльной головней, средневосприимчив к корончатой ржавчине, сильно поражается стеблевой ржавчиной. Сорт пластичный, высокоурожайный. Включен в список ценных по качеству сортов. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 1998 г.

‘Факел’ (Иртыш 21 × Paul).

Сорт характеризуется как урожайный, устойчивый к головневым патогенам, с повышенным содержанием сырого жира в зерне. Передан на ГСИ в 2014 г.

‘Сибирский Геркулес’ (Иртыш 21 × Левша).

Сорт характеризуется повышенным качеством зерна, урожайностью, пластичен по содержанию белка в зерне. Передан на ГСИ в 2015 г.

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований с 2011 по 2017 гг. сложились контрастные условия (рисунок).

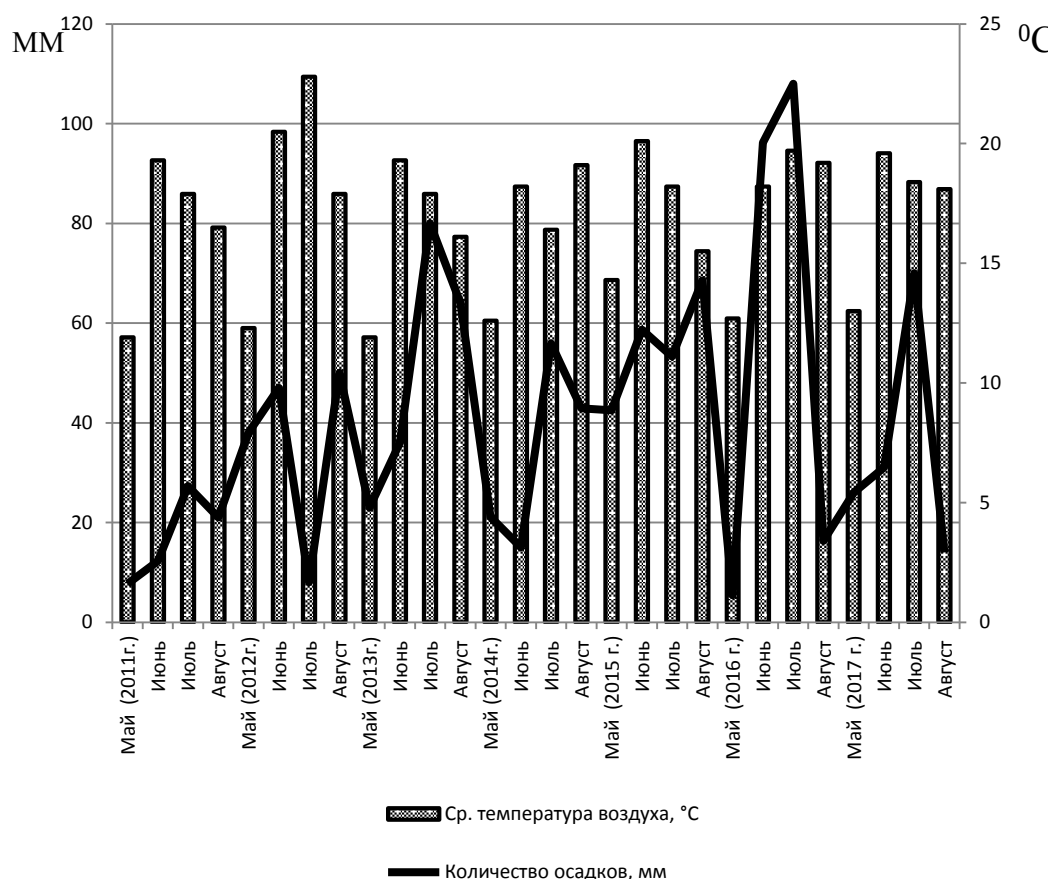


Рисунок. Характеристика вегетационных периодов 2011–2017 гг.
Figure. Characteristics of the growing seasons in 2011–2017

Периоды вегетации 2011 и 2014 гг. характеризовались засушливыми условиями (ГТК 0,90–0,92), очень сухими в период вегетации 2012 г. (ГТК 0,69), сухими и холодными в 2015 году (0,70). Достаточным увлажнением отличался период вегетации 2013 года (ГТК = 0,99). Среднегодовое значение ГТК составляет 0,82, что означает засушливые условия.

Период формирования зерновки овса (третья декада июля – август) характеризовался недобором количества осадков в 2011, 2012, 2014, 2016 и 2017 гг., а также в июле 2015 г. ($13 \div 95\%$ к норме), что, несомненно, отразилось на урожайности культуры. На этом фоне наблюдается превышение средних температур воздуха в июле 2011 г., июле – августе 2012, 2016 и 2017 гг., августе 2014 г. ($+0,4 \div +3,2^\circ\text{C}$) и недобор их в августе 2011 г., в июле 2013, 2014 гг. ($-0,6 \div -3,4^\circ\text{C}$).

Результаты исследований

Урожайность зерна является результатом сложного взаимодействия признаков «генотип-среда», где средой является почвенно-климатические условия. В среднем за период исследований, урожайность зерна овса составила 4,1 т/га. Наиболее благоприятные условия для формирования повышенной урожайности сложились в 2015 и 2017 гг. (5,4 и 5,3 т/га соответственно), при максимально положительном индексе условий окружающей среды ($I_j = +1,3$ и $+1,2$). Минимальная урожайность наблюдалась в 2012 г. (2,3 т/га, при $I_j = -1,8$). Достоверное превышение (табл. 1) наблюдается у сорта 'Сибирский Геркулес' ($+7,3\%$ к ст.).

Таблица 1. Экологическая пластичность и стабильность урожайности сортов ярового овса, т/га
Table 1. Yield stability of spring oat cultivars (t/ha) and their environmental plasticity

Сорт	Урожайность, т/га			Показатели индекса экологической пластичности		
	Lim.	Xi	± st., %	По Eberhard S. A., Russell W. A.		По Грязнову А. А. индекс экологической пластичности (ИЭП)
				коэффициент пластичности (bi)	стабильность (σ^2d)	
Орион, st.	2,5 – 5,5	4,1	100,0	1,04	0,1	1,00
Иртыш 13	2,2 – 5,7	3,9	–4,9	1,20	0,2	0,95
Иртыш 21	2,4 – 5,9	4,2	+2,4	1,10	0,1	1,02
Иртыш 23	2,4 – 5,2	3,7	–9,8	0,74	0,5	0,90
Тарский 2	2,4 – 6,0	4,2	+2,4	1,10	0,1	1,02
Памяти Богачкова	2,3 – 6,0	4,0	–2,5	1,30	0,2	0,97
Скакун	2,2 – 5,0	3,8	–7,3	0,90	0,3	0,93
Факел	2,3 – 5,9	4,2	+2,4	1,30	0,6	1,02
Сибирский Геркулес	2,2 – 5,7	4,4	+7,3	1,30	0,3	1,07
Sx	-	0,2	4,9	-	-	-

Примечание: Xi – средняя урожайность за годы исследований; st. – стандарт.

Для характеристики адаптивной способности сорта в математическом выражении в отечественной и зарубежной литературе предложен ряд методов. Они отличаются по степени сложности вычислений, информативности, объективности, разрешающей способности. В связи с этим необходимо использовать и сравнить некоторые из них.

На первом этапе, для установления существенности вклада сорта и условий испытания, используется дисперсионный анализ. Он позволяет выявить достоверность различий и высокую значимость влияния эффектов среды и сортов на продуктивность (табл. 2). Так, доля вклада условий года (Фактор Б = 43,3%) превышает долю вклада генотипа сорта (Фактор А = 35,4%) при высоком уровне взаимодействия данных факторов (А*Б = 21,3%)

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа урожайности сортов ярового овса
Table 2. Results of the variance analysis of yield in spring oat cultivars

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Среднее квадратичное	F _{факт}	F ₀₅
Общая	78,95	62	1,27	-	-
Сорта (фактор А)	2,67	6	0,45	1,68	1,60
Годы (фактор Б)	65,06	8	8,13	3,77	2,13
Взаимодействие (А*Б)	11,17	48	0,27	-	-

В большинстве исследований по определению экологической пластичности предпочтение отдают методике, разработанной S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966). Она основана на расчете коэффициента линейной регрессии (bi), характеризующего экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (σ^2d), определяющего стабильность сорта в различных условиях среды. Чем выше значение коэффициента (bi), тем большей отзывчивостью обладает сорт. В случае $bi < 1$ сорт слабо реагирует на изменение условий среды. При условии $bi = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности сорта изменению условий выращивания.

В нашем опыте большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания обладают сорта 'Памяти Богачкова', 'Факел', 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 13', 'Иртыш 21' и 'Тарский 2' ($b_i = 1,10 \div 1,30$). Это сорта интенсивного типа, т. е. требовательны к высокому уровню агротехники и только в этом случае они дадут максимум отдачи. К сортам, слабо реагирующим на изменение условий среды, относятся сорта 'Иртыш 23' и 'Скакун' ($b_i = 0,74$ и $0,90$). Их лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат (см. табл. 1).

По мнению этих же авторов, чем меньше коэффициент стабильности (σ^2_d), тем стабильнее сорт. В изучаемом наборе наиболее стабильны сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Памяти Богачкова', 'Иртыш 13', 'Скакун', 'Сибирский Геркулес' ($\sigma^2_d = 0,1 \div 0,3$). Менее стабильными оказались сорта 'Иртыш 23' и 'Факел' ($\sigma^2_d = 0,5$ и $0,6$).

Согласно методике, предложенной А. А. Грязновым (Gryaznov, 1996), важной характеристикой сортов, главным образом в регионах с резким непостоянством климатических условий, является величина показателя их экологической пластичности, представляющая собой способность сортов формировать высокую и стабильную урожайность в различных условиях внешней среды. В связи с этим была дана оценка сортам овса по выше отмеченному показателю на основе такой величины, как индекс экологической пластичности (ИЭП). Чем выше значение ИЭП, тем данный сорт пластичнее, а значит ценнее при его возделывании. За точку отсчета принимается единица. Высокий индекс экологической пластичности отмечен у сортов 'Орион', 'Сибирский Геркулес', 'Факел', 'Тарский 2' и 'Иртыш 21' (ИЭП = $1,00 \div 1,07$). Низкий у сортов 'Иртыш 23', 'Скакун' и 'Иртыш 13' (ИЭП = $0,90 \div 0,97$).

Согласно В. А. Драгавцеву (Dragavtsev et al., 1984), к сортам, характеризующимся высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания (табл. 3), относятся 'Иртыш 13', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Сибирский Геркулес' (КМ = $2,30$). Сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2' и 'Скакун' – полунтенсивного типа (КМ = $2,00 \div 2,10$). 'Иртыш 23' – экстенсивного типа, т. е. он сформирует более высокий урожай при неблагоприятных условиях выращивания (КМ = $1,82$).

Таблица 3. Параметры адаптивной способности сортов ярового овса
Table 3. Adaptability parameters of spring oat cultivars

Сорт	По Животкову Л. А.		По Драгавцеву В. А.	по Rossielle A. A., Hemblin J.	
	долевое участие, %	коэффициент адаптивности (КА)	коэффициент мультипликативности (КМ)	стрессо-устойчивость, т/га	компенсаторная способность, т/га
Орион, st.	100,0	1,00	2,04	–3,0	4,00
Иртыш 13	95,0	0,95	2,30	–3,5	3,95
Иртыш 21	102,0	1,02	2,10	–3,5	4,15
Иртыш 23	90,0	0,90	1,82	–2,8	3,80
Тарский 2	102,0	1,02	2,10	–3,6	4,20
Памяти Богачкова	97,0	0,97	2,30	–3,6	4,15
Скакун	93,0	0,93	2,00	–2,8	3,60
Факел	102,0	1,02	2,30	–3,6	4,10
Сибирский Геркулес	107,0	1,07	2,30	–3,5	3,95

В различных условиях выращивания, в оптимальных и экстремальных условиях засухи важным показателем сортов является их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальным и максимальным значением признака урожайности $Y_{min} - Y_{max}$ (Rossielle, Hemblin, 1981). Этот

параметр имеет отрицательное значение и чем меньше его величина, тем выше стрессоустойчивость генотипа по данному признаку. Результаты исследований показали, что меньшее значение признака «урожайности зерна», т. е. высокая стрессоустойчивость, отмечено у таких сортов, как 'Иртыш 23', 'Скакун' и 'Орион' ($Y_{min} - Y_{max} = -2,8 \div -3,0$).

Показатель $\frac{Y_{min}+Y_{max}}{2}$ отражает среднее значение урожайности в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях, характеризует генетическую гибкость и компенсаторную способность сортов. Высокие значения этого показателя указывают на большую степень соответствия между генотипами и факторами среды. К таким сортам относятся 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Орион' ($\frac{Y_{min}+Y_{max}}{2} = 4,00 \div 4,20$).

В методике, предложенной Л. А. Животковым (Zhivotkov et al., 1994), для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортов по варьированию их урожайности используется понятие «среднесортная урожайность». В данном случае сопоставление урожайности изучаемых сортов проводится не со стандартом, а со средней урожайностью по всем сравниваемым сортам. Показатель нормы реакции сортов в каждом году принимается за 100%. Реакцию же отдельного сорта на сложившиеся конкретные условия вегетационного периода можно определить при соотношении его урожайности к среднесортной. При этом цифровое значение этого показателя может выражаться в % (долевое участие) либо как относительная величина (коэффициент адаптивности). Если КА превышает 100%, то такой сорт потенциально высокопродуктивен. Высокий коэффициент адаптивности отмечен у сортов 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Факел', 'Орион' (КА = 1,00 ÷ 1,07). Низкий у сортов 'Иртыш 23' и 'Скакун' (КА = 0,90 ÷ 0,97).

Таблица 4. Ранжирование сортов ярового овса по показателям адаптивности, определенными разными методиками

Table 4. Ranking of spring oat varieties in terms of adaptability, defined by different methods

Сорт	По Eberhard S. A., Russell W. A.		По Драгавцеву В. А.	По Rossielle A. A., Hemblin J.		По Гряз- нову А. А.	По Живот- кову Л. А.	Σ рангов
	коэффициент пластич- ности (bi)	стабильность (σ ² d)	коэффициент мультипли- кативности (КМ)	стрессо- устойчи- вость	компен- саторная способ- ность	Индекс экологической пластичности (ИЭП)	коэффициент адаптив- ности (КА.)	
Орион, st.	4	1	3	2	4	3	3	20
Иртыш 13	2	2	1	3	5	5	5	23
Иртыш 21	3	1	2	3	2	2	2	15
Иртыш 23	6	4	5	1	6	7	7	36
Тарский 2	3	1	2	4	1	2	2	13
Памяти Богачкова	1	2	1	4	2	4	2	18
Скакун	5	3	4	1	7	6	4	32
Факел	1	5	1	4	3	2	6	18
Сибирский геркулес	1	3	1	3	5	1	2	15

Как считают многие исследователи, оценка генотипов одним или двумя методами недостаточно отражает их стабильность и пластичность. Наиболее полную информацию дает применение нескольких методов, но в этом случае удобнее пользоваться принципом ранжирования сортов по параметрам и оценку проводить по сумме рангов, полученной каждым методом (табл. 4). В наших исследованиях сорта 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Сибирский Геркулес', 'Памяти

Богачкова' и 'Факел', набравшие меньшую сумму рангов по большинству методов оценки и занявшие первые места ($\sum$ рангов = 13÷18), наиболее приспособлены для возделывания в производственных условиях с целью получения высоких и стабильных урожаев зерна.

Выводы

1. В условиях южной лесостепи Западной Сибири в период исследований с 2011 по 2017 гг. урожайность ярового овса составила 4,1 т/га. Наиболее благоприятные условия сложились в 2015 и 2017 гг. (5,4 и 5,3 т/га соответственно) при максимальном положительном индексе условий окружающей среды ($I_j = +1,3$ и $+1,2$).

2. Пластичностью (согласно критерию А. А. Грязнова) обладали сорта 'Орион', 'Сибирский Геркулес', 'Факел', 'Тарский 2' и 'Иртыш 21' ($ИЭП = 1,00 \div 1,07$). По S. A. Eberhard, W. A. Russell пластичны сорта 'Памяти Богачкова', 'Факел', 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 13', 'Иртыш 21' и 'Тарский 2' ($b_i = 1,10 \div 1,30$).

3. Стабильны, по S. A. Eberhard, W. A. Russell, сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Памяти Богачкова', 'Иртыш 13', 'Скакун', 'Сибирский Геркулес' ($\sigma^2d = 0,1 \div 0,3$).

4. По В. А. Драгавцеву, сорта 'Иртыш 13', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Сибирский Геркулес' относятся к интенсивному типу ($КМ = 2,30$). Сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2' и 'Скакун' – к полуинтенсивному ($КМ = 2,00 \div 2,10$). 'Иртыш 23' – сорт экстенсивного типа ($КМ = 1,82$).

5. По А. А. Rossielle и J. Hemblin высокой стрессоустойчивостью характеризуются сорта 'Иртыш 23', 'Скакун' и 'Орион' ($Y_{min} - Y_{max} = -2,8 \div -3,0$). Высокой компенсаторной способностью обладают 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Орион' ($\frac{Y_{min} + Y_{max}}{2} = 4,00 \div 4,20$).

6. По Л. А. Животкову, высокий коэффициент адаптивности отмечен у сортов 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Факел', 'Орион' ($КА = 1,00 \div 1,07$).

7. Согласно принципу ранжирования сортов, набрали меньшую сумму рангов по большинству методов оценки ($\sum$ рангов = 13÷18) и заняли первые места сорта 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Сибирский Геркулес', 'Памяти Богачкова' и 'Факел'. Данные сорта наиболее приспособлены для возделывания в условиях Омского Прииртышья с целью получения высоких и стабильных урожаев зерна.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710369-4.

References/Литература

- Batalova G. A. Some aspects of the stability as a limiting factor in the breeding of oats (Nekotorye aspekty ustojchivosti k limitirujushhim faktoram v selekcii ovsa) // Grain farming. 2013 no. 2, pp. 52–58 [in Russian] (Баталова Г. А. Некоторые аспекты устойчивости к лимитирующим факторам в селекции овса // Зерновое хозяйство. 2013. № 2. С. 52–58).
- Surin N. Ah. Adaptive potential of varieties of grain crops of Siberian selection and ways of its improvement (wheat, barley, oats) (Adaptivnyj potencial sortov zernovyh kul'tur sibirskoj selekcii i puti ego

- sovershenstvovaniya (pshenica, yachmen', oves)). Novosibirsk, 2011, 708 p [in Russian] (Сурин Н. А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес). Новосибирск, 2011. 708 с.).
- Fomina M. N. Genetic sources for the implementation of the main directions of oat breeding in the Northern Urals (Geneticheskie istochniki dlya realizacii osnovnyh napravlenij selekcii ovsa v Severnom Zaural'e) // Proceedings of applied botany, genetics and breeding. St. Petersburg : VIR, 2013, vol. 174, pp. 143–148 [in Russian] (Фомина М. Н. Генетические источники для реализации основных направлений селекции овса в Северном Зауралье // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб. : ВИР, 2013. Т. 174. С. 143–148).
- Borisova Yu. V. The study of the collection hulless oats *Avena L. nudisativa* with the goal of selection (Izuchenie kollekcii golozernogo ovsa *Avenanudisativa L. s cel'yu selekcii*) : dis. ... cand. biol. sciences'. Moscow, 2008, 164 p. [in Russian] (Борисова Ю. В. Изучение коллекции голозерного овса *Avena nudisativa L.* с целью селекции: дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 164 с.).
- Zhuchenko A. A. Adaptive crop production (ecological and genetic basis) (Adaptivnoe rastenievodstvo (ehkologo-geneticheskie osnovy)). Kishinev : SHTinica, 1990. 432 p. [in Russian] (Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Кишинев : ШТИНИЦА, 1990. 432 с.).
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Methodological guidance directory for studing and maintaining VIR's collections of barley and oat (Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa). St. Peterburg : VIR, 2012, 63 p. [in Russian] (Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб. : ВИР, 2012, 63 с.).
- Dospikhov B. A. Methods of field experience (Metodika polevogo opyta). Moscow : Agropromizdat, 1985, 352 p. [in Russian] (Доспихов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 352 с.).
- Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties (Parametry ustojchivosti dlya sravneniya urozhaev) // Crop. sci. 1966, vol. 6, no. 1, pp. 36–40 [in Russian] (Эберхарт С. А., Рассел В. А. Параметры устойчивости для сравнения урожаев // Культура. Наука. 1966. Т. 6, № 1. С. 36–40).
- Dragavtsev V. A., Zilke V. A., Reiter B. G. the Genetics of performance traits of spring wheat in Western Siberia (Genetika priznakov produktivnosti yarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri). Novosibirsk : Science, 1984. 229 p. [in Russian] (Драгавцев В. А., Цильке В. А., Рейтер Б. Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1984. 229 с.).
- Gryaznov A. A. Karabalykskij barley (Karabalykskij yachmen'). Kostanay, 1996. 448 p. [in Russian] (Грязнов А. А. Карабалыкский ячмень. Кустанай, 1996. 448 с.).
- Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Chikatuev L. I. Method to identify potential productivity and adaptability of the varieties and breeding forms of winter wheat in terms of "yield" (Metodika vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu «urozhajnosti») // Breeding and seed production. 1994, no. 2, pp. 3–6 [in Russian] (Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6).
- Goncharenko A. A. On the adaptability and sustainability of varieties of grain crops (Ob adaptivnosti i ehkologicheskoy ustojchivosti sortov zernovyh kul'tur) // Bulletin of the RAAS. 2005, no. 6, pp. 49–53 [in Russian] (Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53).
- Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments (Teoreticheskie aspekty otbora na urozhajnost' v stressovyh i ne stressovyh usloviyah) // Crop. Sci. 1981, vol. 21, no. 6, pp. 27–29 [in Russian] (Росиелле А. А., Хэмблин Ю. Теоретические аспекты отбора на урожайность в стрессовых и не стрессовых условиях // Стоп. Наука. 1981. Т. 21, № 6. С. 27–29).
- Nikolaev P. N., Aniskov N. A., Yusova O. A. Plasticity, stability and adaptability of quality of grades of spring barley in the conditions of the Omsk region (Plastichnost', stabil'nost' i adaptivnost' kachestva zerna sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Omskoj oblasti) // Vestnik of the Ulyanovsk state agricultural Academy. 2018, no. 1, pp. 43–49 [in Russian] (Николаев П. Н., Анисков Н. А., Юсова О. А. Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // Вестник ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №1. С. 43–49).
- Yusova O. A., Nikolaev P. N. Productivity and quality of barley grain in the southern forest-steppe of Western Siberia (Produktivnost' i kachestvo zerna yachmenya v usloviyah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri) // Siberian Bulletin of agricultural science. 2016, no. 6, pp. 13–23 [in Russian] (Юсова О. А., Николаев П. Н. Продуктивность и качество зерна ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 6. С. 13–23).

УДК 577.1.:633.3 (631.527)

О. А. Юсова

Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
Омский Аграрный научный центр,
Россия, 644012, Омск, пр. Королева,
д. 26,
e-mail: 55asc@bk.ru

Ключевые слова:

люцерна изменчивая, кострец
безостый, корреляционный
анализ, стабильность и
адаптивность, белок, клетчатка,
кормовые единицы.

Поступление:

17.04.2018

Принято:

10.12.2018

**НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОВЫШЕННОГО КАЧЕСТВА
ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ
В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ**

Актуальность. Многолетние травы имеют существенное значение в развитии полевого кормопроизводства в Западной Сибири. Сильно выраженная континентальность климата сельскохозяйственных районов Сибири обуславливает повышенные требования к возделываемым сортам. **Объектами** исследования служили сортообразцы многолетних трав (кострец безостый и люцерна изменчивая). Цель работы: выявление источников высокого качества зеленой массы люцерны изменчивой и костреца безостого.

Материалы и методы. Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2011–2016 гг. на опытных полях Омского АНЦ, расположенных в южной лесостепи, г. Омск. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Математическая обработка проведена методом дисперсионного анализа, рассчитаны параметры стабильности и пластичности.

Результаты. На содержание белка и клетчатки в зеленой массе многолетних трав основное влияние оказывали условия года: соответственно 84,1 и 76,5% у люцерны, 93,9 и 91,2% у костреца. Снижение содержания у исследуемых культур клетчатки способствовало повышению содержания сырого белка ($r = -0,348$ и $-0,335$) и кормовых единиц ($r = 0,544$ и $0,352$ у люцерны и костреца соответственно). Повышение урожайности отрицательно сказалось на кормовых единицах ($r = -0,402$ и $-0,713$). Также наблюдалась значительная обратная сопряженность урожайности костреца безостого с содержанием сырого белка ($r = -0,617$) и прямая – с содержанием клетчатки ($r = 0,744$). Урожайность люцерны изменчивой находилась в слабой степени зависимости с содержанием белка и клетчатки ($r = 0,239$ и $0,306$). **Заключение.** Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью (при $b_i > 1$, $\sigma^2_d < 1$) обладали сорта люцерны 'Омская 7', 'Эльбрус' (содержание белка); 'Флора 5', 'Флора 6' (содержание белка, кормовых единиц и урожайность зеленой массы), а также костреца 'СибНИИСХоз 99' (содержание белка, кормовых единиц и урожайность зеленой массы) и 'Титан' (содержание кормовых единиц). За период 2011–2016 гг. выделены лучшие образцы, представляющие ценность по урожайности и комплексу признаков качества зеленой массы: линии люцерны интенсивного типа СП-2-99/91-267, СП-2-99/01-282 и линия экстенсивного типа СП-2-99/01-132. Линия костреца безостого СП-2-06/08-28 интенсивного типа по содержанию белка и кормовых единиц, экстенсивного – по содержанию клетчатки и урожайности зеленой массы.

O. A. Yusova

Omsk Agrarian Scientific Center,
26, Prospekt Koroleva, Omsk, 644012,
Russian Federation;
e-mail: 55asc@bk.ru

Key words:

variegated alfalfa, awnless
bromegrass, correlation analysis,
stability and adaptability, protein,
cellulose fiber, feed value units.

Received:

17.04.2018

Accepted:

10.12.2018

NEW SOURCES OF HIGHER GREEN MATTER QUALITY FOR PERENNIAL GRASSES IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE ENVIRONMENTS OF WEST SIBERIA

Background. Perennial grasses are essential in the development of field forage production in West Siberia. Very pronounced continental climate of the cropping areas in Siberia leads to increased demands on the cultivars. The **objects** of the study were cultivated varieties of perennial grasses (awnless bromegrass and variegated alfalfa). The aim of the work was to identify the sources of high-quality green matter in variegated alfalfa and awnless bromegrass. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out over the period of 2011–2016 on the experimental fields of Omsk Agrarian Scientific Center, located in the southern forest steppe near Omsk. Agricultural practice was conventional for West Siberia. Analysis of variance was used in mathematical data processing; stability and plasticity parameters were calculated. **Results.** The content of protein and cellulose fiber in the green biomass of perennial grasses was mainly influenced by the weather conditions of the year: 84.1 and 76.5% in alfalfa, 93.9 and 91.2% in bromegrass, respectively. A reduction of cellulose fiber content in the studied crops contributed to an increase in raw protein content ($r = -0.348$ and -0.335) and in feed value units ($r = 0.544$ and 0.352 for alfalfa and bromegrass, respectively). Higher yields had a negative impact on feed value units ($r = -0.402$ and -0.713). Besides, the yield of awnless bromegrass demonstrated a significant negative correlation with protein content ($r = -0.617$) and a positive one with cellulose fiber ($r = 0.744$). The yield of variegated alfalfa showed a weak degree of interdependence with protein and cellulose fiber contents ($r = 0.239$ and 0.306). **Conclusion.** High responsiveness to improved environmental conditions and high stability ($bi > 1$, $\sigma^2_a < 1$) were observed in the alfalfa cultivars 'Omsky 7', 'Elbrus' (protein content); 'Flora 5' and 'Flora 6' (protein content, feed value units, and green matter yield), and the bromegrass cultivars 'SibNIISKhoz 99' (protein content, feed value units, and green matter yield) and 'Titan' (feed values units). During the period from 2011 through 2016, the best examples in yield and in a set of green matter quality characteristics were selected: the intensive-type alfalfa lines SP-2-99/91-267 and SP-2-99/01-282, extensive-type alfalfa line SP-2-99/01-132, and the line of bromegrass SP-2-06/08-28, which was intensive-type in protein content and feed value units, and extensive-type in cellulose fiber content and green matter yield.

Введение

Многолетние травы имеют существенное значение в развитии полевого кормопроизводства в Западной Сибири, обеспечивая производство высококачественных кормов с относительно низкой себестоимостью (Abubekеров, 2012).

В ближайшем будущем в стране с целью удовлетворения животноводства кормами планируется увеличить площади многолетних трав в пашне более чем в два раза. При этом доля бобовых и бобово-злаковых травосмесей должна составить не менее 50%. В Сибири многолетние травы занимают 30% площади кормовых культур (Rutz, 2011). В СибНИИСХ регулярно проводятся исследования с целью поиска ценных для селекции высококачественных урожайных образцов многолетних трав.

Природа районов Западной Сибири отличается богатством тепла и света. В целом для климата Омской области характерны краткость безморозного периода (109–120 дней), сильно выраженная раннелетняя засуха, июльский максимум осадков, прохладная и дождливая осень. На большей территории южная лесостепь отличается сочетанием черноземов обыкновенных, лугово-черноземных почв в комплексе с солонцами, солончаками, солодами. Отличительной чертой омских почв является высокий процент фракций крупной пыли и мелкого песка, придающих этим почвам удовлетворительную водопроницаемость. Маломощность гумусового слоя лугово-черноземных почв прежде всего определяется гидротермическими условиями – глубоким промерзанием, поздним оттаиванием и запасами «зимнего холода», также эти своеобразные климатические условия способствуют накоплению в лугово-черноземных почвах слабо разложившихся органических веществ (Mishchenko, Mel'nikova, 2007).

Сильно выраженная континентальность климата основных сельскохозяйственных районов Сибири обуславливает повышенные требования к возделываемым сортам. В связи с чем необходима дальнейшая селекционная работа по созданию стабильно высококачественных сортов многолетних бобовых и злаковых культур кормового направления.

Цель работы: выявление источников высококачественной зеленой массы люцерны изменчивой и костреца безостого.

Материалы и методы

Объектом исследования служили сортообразцы многолетних трав (кострец безостый и люцерна изменчивая). В качестве стандартных сортов для люцерны выступал сорт 'Омская 7', для костреца – 'СибНИИСХоз 189'. Анализ образцов конкурсного сортоиспытания проводился по полевым повторениям, с последующим перерасчетом достоверности признака. Аналитическая повторность – двукратная (Dospekhov, 1985). Исследования проводились в питомнике конкурсного сортоиспытания (КСИ) первого года жизни растений (Kashevarov, 2004; Stepanov, 2006).

Определение биохимических показателей проводили с использованием современных и традиционных методов и технологий, в фазе цветения. Содержание азота в зеленой массе исследуемых культур определяли на автоматическом анализаторе «KjeltekAuto 1030 Analyzer». Коэффициент пересчета азота на белок для многолетних трав – 6,25 (Pleshkov, 1985). Математическая обработка данных проведена методами корреляционного и двухфакторного дисперсионного анализов по пособию Б. А. Доспехова (Dospekhov, 1985) в приложении Excel для ПК.

Индекс условий окружающей среды (I_j), коэффициент линейной регрессии (b_i) и величина стабильности реакции сортов (σ^2_d) рассчитаны по методике Эберхарда и Рассела (Zykin et al., 2011).

Индексы условий окружающей среды (I_j) показывают, насколько лучше или хуже складывались условия возделывания исследуемых культур в конкретный год, в сравнении с усредненным результатом за период испытания.

$$I_j = (\sum X_{ij} / v) - \sum \sum X_{ij} / l_a * l_b \quad (1)$$

где $\sum X_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов за i -ый год;

$\sum \sum X_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов за все годы;

l_a – количество сортов;

l_b – число лет

v – число степеней свободы.

Под стабильностью сорта (σ^2_d) понимают положительный отклик генотипа на улучшение условий выращивания.

$$\sigma^2_d = \sum \sigma^2_{ij} / (n-2) \quad (2)$$

где $\sum \sigma^2_{ij}$ – сумма квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической,

n – число лет.

Коэффициент экологической пластичности (b_i) показывает отзывчивость сортов на изменение условий: чем выше числовые значения b_i , тем сильнее изменяется урожайность сорта при смене условий произрастания. В большинстве случаев b_i имеет положительное значение, т. к. с улучшением условий выращивания урожай чаще всего повышается. Однако в отдельных случаях могут быть получены отрицательные величины. Причиной этого является склонность к полеганию, затягивание вегетации, высокая восприимчивость к заболеваниям при благоприятных условиях и пр.

При условии $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности сорта изменению условий выращивания.

$$b_i = \sum X_{ij} * I_j / \sum I_j^2 \quad (3)$$

где $\sum X_{ij} * I_j$ – сумма произведения урожайности i -го сорта за j -й год на соответствующую величину индекса условий среды,

$\sum I_j^2$ – сумма квадратов индексов условий среды.

Погодные условия в годы проведения исследований были достаточно контрастными и довольно полно отражали особенности южной лесостепной зоны Омской области. Так, засушливые условия наблюдались в 2012, 2014 и 2015 гг. (ГТК = 0,69÷0,80). Достаточным увлажнением отличались периоды вегетации 2011, 2013 и 2016 гг. (ГТК = 0,92÷0,99).

Превышение среднемноголетних данных по температуре наблюдалось в мае 2011, 2014–2016 гг. (+0,3 ÷ +2,8 °С к норме), июне 2011, 2012, 2014–2016 гг. (+0,6 ÷ +2,9 °С), июле 2012, 2015 и 2016 гг. (+0,3 ÷ +3,4 °С) (рис. 1). Температура воздуха в августе существенно ниже среднемноголетних данных – в периодах вегетации 2011, 2013–2015 гг. (–0,8 ÷ –2,4 °С), на уровне – в 2012 г. и превышает среднемноголетние данные в 2016 г. (+1,3 °С).

Достаточное увлажнение наблюдалось в мае 2012–2015 и 2017 гг. (21,0 мм ÷ 45 мм осадков), июне 2011, 2015 и 2016 гг. (27,3÷96,2 мм), июле 2011, 2013–2016 гг. (27,3÷108 мм) и августе 2011, 2013–2015 гг. (21,0÷68,6 мм). Остальные месяцы за указанный период исследований отличались засушливыми условиями (5,4÷15,7 мм).

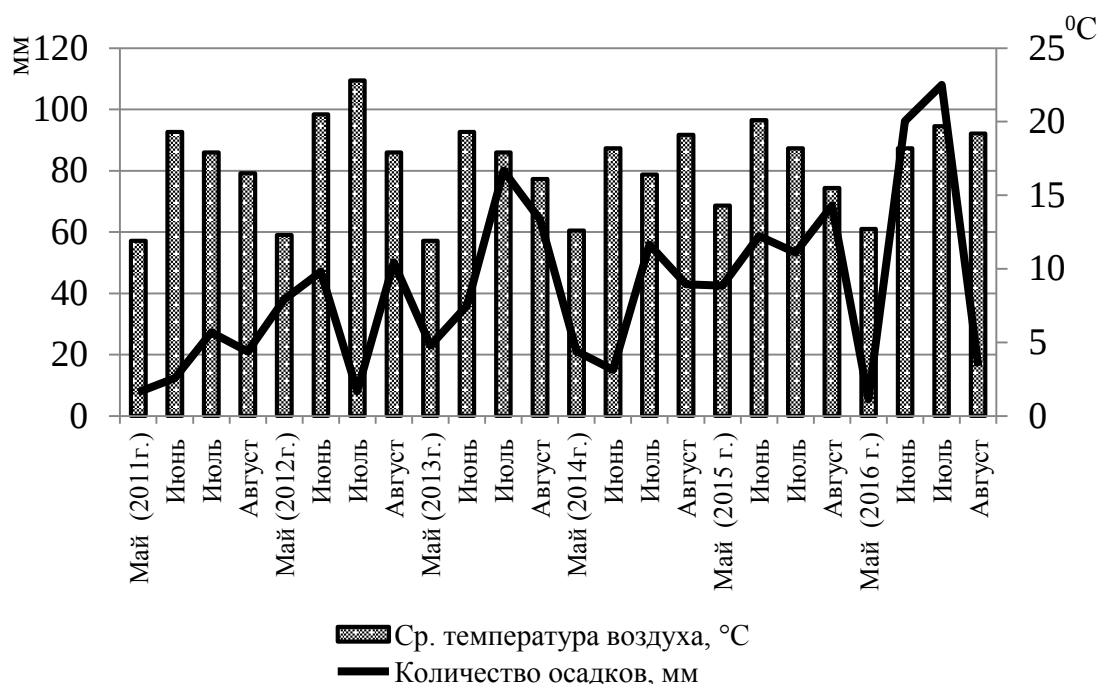


Рис. 1. Характеристика вегетационных периодов 2011–2016 гг.
Fig. 1. Characteristics of the growing seasons in 2011–2016

Результаты и обсуждение

Результаты оценки образцов конкурсного сортоиспытания многолетних трав указывают на значительное разнообразие между культурами по содержанию белка и клетчатки как в пределах вида, так и разных лет жизни, рисунок 2. За период исследований 2011–2016 гг. люцерна изменчивая превышала костреч безостый по содержанию сырого белка в зеленой массе (+3,15%) и кормовых единиц (+0,05 к.е./кг сухого вещества) имела более низкое содержание клетчатки (–2,3 %). Также люцерна стабильно превышала костреч безостый по урожайности зеленой массы (+1,75 т/га).

Корреляционный анализ основных показателей качества зеленой массы многолетних трав (табл. 1) показал, что как у люцерны, так и у костреча снижение содержания клетчатки способствовало повышению содержания белка ($r = -0,348$ и $-0,335$). В свою очередь, с повышением сырого белка наблюдалось увеличение кормовых единиц в зеленой массе ($r = 0,544$ и $0,352$ у люцерны и костреча соответственно). Повышение урожайности отрицательно сказалось на кормовых единицах ($r = -0,402$ и $-0,713$) и содержании сырого белка ($r = -0,617$); положительно – на содержании клетчатки ($r = 0,744$). Урожайность люцерны посевной находилась в слабой степени зависимости с содержанием белка и клетчатки ($r = 0,239$ и $0,306$).

Сравнительная оценка основных показателей качества зеленой массы и урожайности районированных и новых перспективных сортов люцерны изменчивой показала, что содержание сырого белка в зеленой массе варьировало от 14,11% ('Омская 7') в 2014 г. до 22,23 % ('Флора 4') в 2011 г. и от 6,08% в 2015 г. ('Кентавр') до 19,26% ('СибНИИСХоз 189') в 2013 г. у костреча безостого. Максимальное содержание сырого белка в зеленой массе люцерны наблюдалось в 2012 г. (20,16%, $I_j = 2,63$). Особенностью результатов, полученных в 2013 г., является минимальный в опыте процент сырого белка люцерны (15,67 %, $I_j = -1,86$) на фоне максимальной его доли у костреча (18,32%, $I_j = 4,79$).

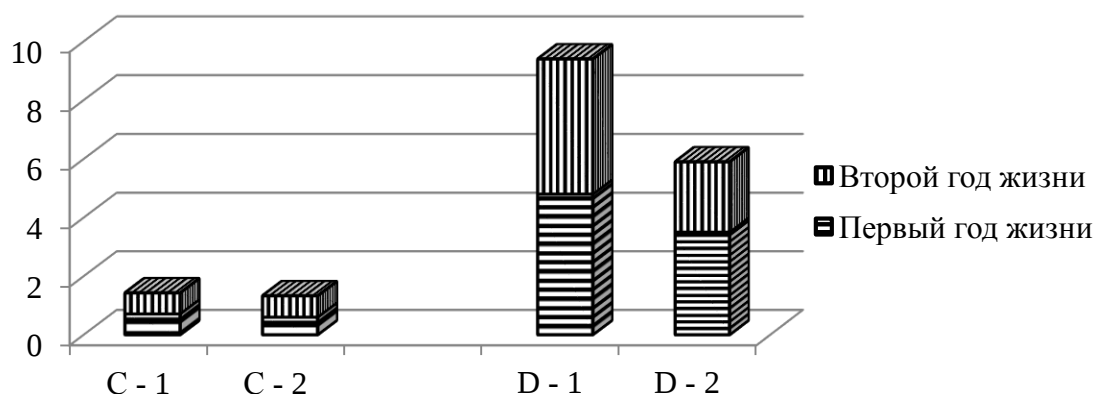


Рис. 2. Сравнительная характеристика многолетних трав по основным показателям качества зеленой массы и урожайности, в среднем за 2011–2016 гг.

А – содержание белка (%), **В** – содержание клетчатки (%), **С** – кормовые единицы (к.е./кг сухого вещества), **Д** – урожайность зеленой массы (т/га);

1 – люцерна посевная, **2** – кострец безостый

Fig. 2. Comparative characteristics of perennial grasses according to the main indicators of green matter quality and yield, average for 2011–2016:

A – protein content (%), **B** – cellulose fiber content (%), **C** – feed value units (FVU/kg of dry matter), **D** – green matter yield (t/ha); **1** – alfalfa, **2** – awnless brome

Клетчатка, повышенное содержание которой в кормах снижает их питательную ценность, изменялась от 13,25% ('Омская 7') в 2013 г. до 51,73% ('Флора 6') в 2011 г. у люцерны посевной и от 10,02% в 2011 г. до 39,75% в 2015 г. ('СибНИИСХоз 99') у костреца безостого. Максимальное количество клетчатки в зеленой массе люцерны сформировалось в 2011 и 2015 гг. (35,33 и 35,92, $I_j = 7,96 \div 8,54$), минимальное – в 2013 г. (16,13%, $I_j = -3,25$). Для костреца, напротив, погодные условия 2011 г. оказались наименее благоприятными, количество клетчатки в зеленой массе составило 11,0% ($I_j = -1,58$), максимальное ее содержание наблюдалось в 2015 г. (35,33%, $I_j = 7,76$).

Таблица 1. Корреляция основных показателей качества и продуктивности

Table 1. Correlations between main quality and productivity indicators

Признак	Содержание белка	Содержание клетчатки	Кормовые единицы
люцерна изменчивая			
Содержание клетчатки	-0,348	–	–
Кормовые единицы	0,544	-0,941	–
Урожайность	0,239	0,306	-0,402
кострец безостый			
Содержание клетчатки	-0,335	–	–
Кормовые единицы	0,352	-0,997	–
Урожайность	-0,617	0,744	-0,713

Критическое значение коэффициента при $P_{0,05} = 0,180$

Урожайность зеленой массы многолетних трав менялась от 1,24 т/га ('Флора 5') в 2015 г. до 9,50 т/га ('Флора 6') в 2014 г. у люцерны посевной и от 1,36 т/га ('СибНИИСХоз 88') в 2012 г. до 7,20 т/га ('СибНИИСХоз 99') в 2014 г. у костреца безостого. Наиболее благоприятные условия для повышенной урожайности люцерны сложились в 2014 г. (8,85 т/га в среднем по опыту, $I_j = 4,33$), наименее

благоприятные – в 2012, 2015 гг. (3,07 и 2,93 т/га, $I_j = -1,45$ и $-1,58$). У костреца безостого минимальная урожайность наблюдалась в 2012 г. (1,49 т/га, $I_j = -1,37$), максимальная – в 2014 (5,82 т/га, $I_j = 2,96$).

В среднем за период исследований, сорта люцерны изменчивой характеризовались следующим образом: максимальная урожайность (+0,36 т/га к st. ‘Омская 7’) и содержание сырого белка (+1,47 % к st.) наблюдались у сорта ‘Флора 7’; минимальное содержание клетчатки (–3,86 % к st.) и повышенное содержание кормовых единиц (+0,04 к.е./кг сухого вещества к st.) – у сорта ‘Флора 5’ (рис. 3).

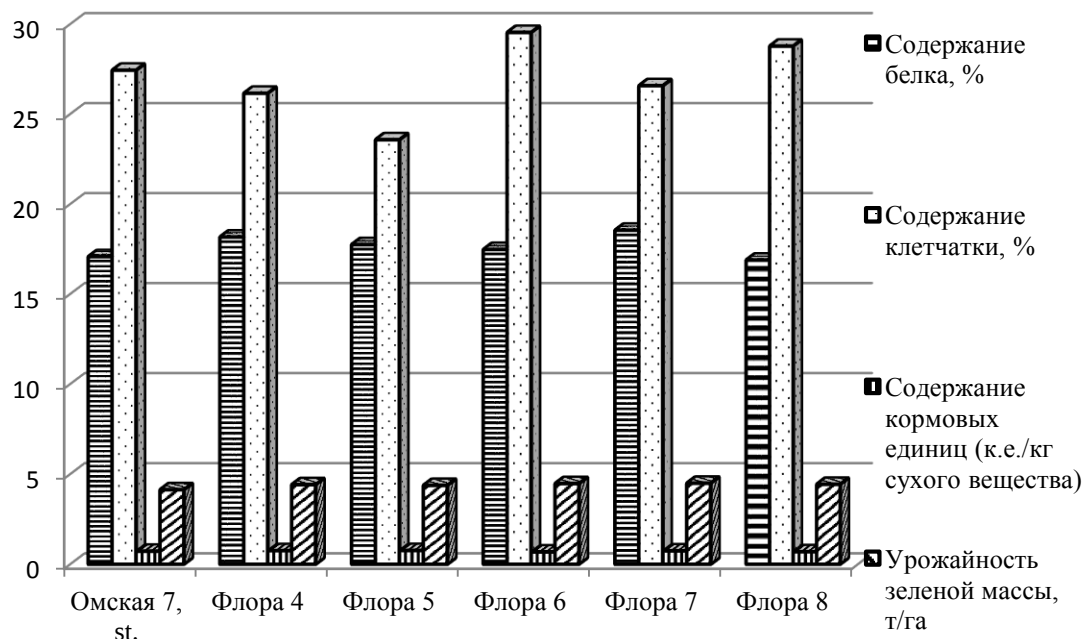


Рис. 3. Сравнительная характеристика сортов люцерны изменчивой по основным показателям качества зеленой массы и урожайности в среднем за 2011–2016 гг.

Fig. 3. Comparative characteristics of variegated alfalfa cultivars according to the main indicators of green matter quality and yield, average for 2011–2016

Среди сортов костреца безостого, в среднем за период исследований, минимальное содержание клетчатки (–1,08 и –0,92% к st.) и повышенное содержание кормовых единиц (+0,03 и +0,02 к.е./кг сухого вещества к st.) наблюдалось у сортов ‘СибНИИСХоз 88’ и ‘Кентавр’ (рис. 3). Повышенной урожайностью характеризовался сорт ‘СибНИИСХоз 99’ (+0,25 т/га к st.). По содержанию сырого белка ни один из исследуемых сортов не превысил стандартный сорт ‘СибНИИСХоз 189’.

Благодаря проведенным расчетам коэффициентов регрессии сортов люцерны и костреца по урожайности и показателям качества зеленой массы, выделены сорта интенсивного типа ($b_i > 1$), отзывчивые на улучшение условий выращивания (табл. 2). Среди сортов люцерны: ‘Флора 6’, ‘Флора 8’ (по содержанию клетчатки), ‘Флора 4’ (по содержанию белка). Среди сортов костреца: ‘Титан’ и ‘СибНИИСХоз 99’ (по содержанию клетчатки), ‘Кентавр’ (по содержанию белка).

Высокой стабильностью реакции среды ($\sigma_d^2 < 1$) характеризовались следующие сорта костреца: ‘СибНИИСХоз 189’, ‘Эльбрус’ (содержание клетчатки, кормовых единиц и урожайность зеленой массы), ‘Сибниисхоз 88’ (содержание клетчатки), ‘Кентавр’ (содержание кормовых единиц и урожайность зеленой массы), а также сорта люцерны ‘Омская 7’ и ‘Флора 4’ (содержание кормовых единиц), ‘Флора 8’ (урожайность зеленой массы).

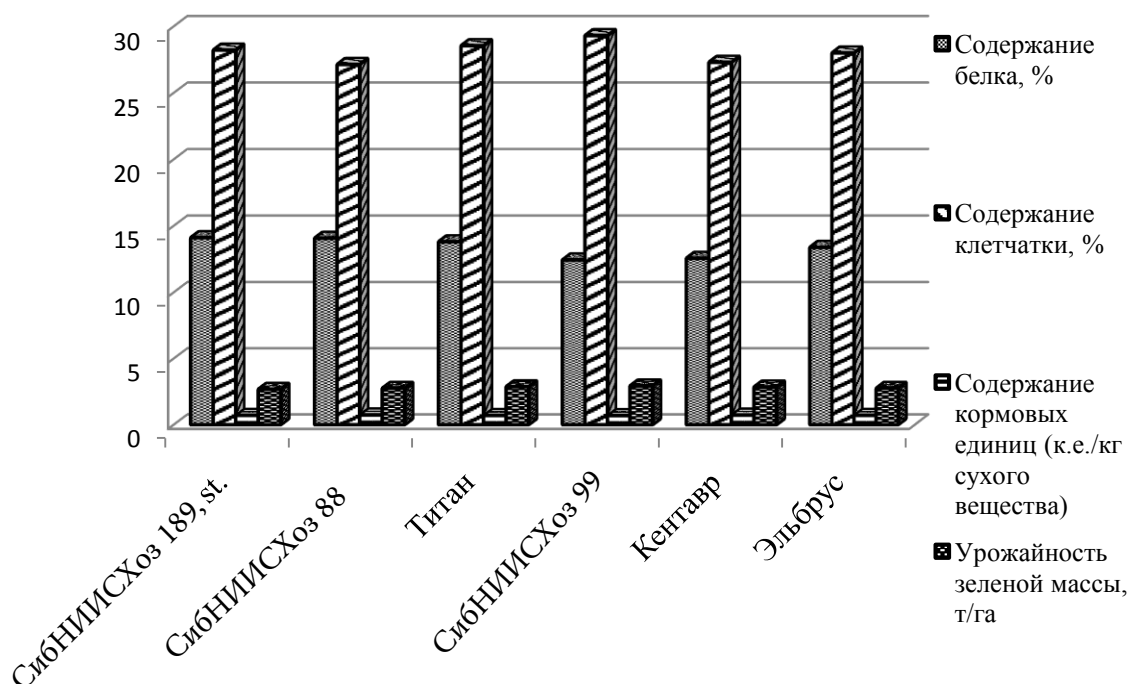


Рис. 4. Сравнительная характеристика сортов костреца безостого по основным показателям качества зеленой массы и урожайности, в среднем за 2011–2016 гг.
Fig. 4. Comparative characteristics of awnless bromegrass cultivars according to the main indicators of green matter quality and yield, average for 2011–2016

Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью реакции среды (при $b_i > 1$, $\sigma^2_d < 1$) обладали сорта люцерны ‘Омская 7’, (содержание белка); ‘Флора 5’, ‘Флора 6’ (содержание белка, кормовых единиц и урожайность зеленой массы), а также сорта костреца ‘СибНИИСХоз 99’ (содержание белка, кормовых единиц и урожайность зеленой массы), ‘Титан’ (содержание кормовых единиц), ‘Эльбрус’ (содержание белка).

Таблица 2. Характеристика сортов многолетних трав по пластичности и стабильности признаков, КСИ

Table 2. Description of perennial grass cultivars according to the plasticity and stability of their traits in the nursery of competitive variety trials

	Белок		Клетчатка		Кормовые единицы		Урожайность	
	b_i	σ^2_d	b_i	σ^2_d	b_i	σ^2_d	b_i	σ^2_d
Люцерна изменчивая								
Омская 7, st.	1,17	0,82	0,96	1,51	0,94	0,02	0,99	0,00
Флора 4	1,18	1,26	0,92	1,52	0,85	0,01	0,96	0,03
Флора 5	1,21	0,25	0,70	1,60	1,04	0,00	1,10	0,03
Флора 6	1,23	0,45	1,47	1,40	1,34	0,01	1,13	0,01
Флора 7	0,71	1,28	0,89	1,63	0,85	0,01	0,96	0,04
Флора 8	0,51	1,21	1,06	1,34	0,97	0,00	0,87	0,01
Кострец безостый								
СибНИИСХоз 189, st.	0,81	1,50	0,98	0,85	0,99	0,01	0,92	0,01
СибНИИСХоз 88	0,87	1,88	0,96	0,54	0,98	0,00	0,99	0,01
Титан	0,89	1,70	1,08	1,52	1,07	0,04	0,89	0,02
СибНИИСХоз 99	1,06	0,95	1,17	1,57	1,15	0,02	1,37	0,09
Кентавр	1,33	1,54	0,85	1,91	0,87	0,01	0,93	0,05
Эльбрус	1,05	0,42	0,95	0,36	0,94	0,01	0,90	0,02

Примечание: b_i – коэффициент линейной регрессии; σ^2_d – величина стабильности реакции сорта; st. – название сорта-стандарта

Отдельно выделена группа сортов, коэффициент регрессии которых близок к единице, а стабильность реакции среды – нулю, что свидетельствует о полном соответствии показателей качества изменению условий выращивания. Среди сортов люцерны это – ‘Флора 8’ (содержание кормовых единиц, урожайность зеленой массы), ‘Омская 7’, ‘Флора 4’, ‘Флора 7’ (урожайность зеленой массы) и сорт костреца ‘СибНИИСХоз 99’ (урожайность зеленой массы).

В таблице 3 приведены данные качества зеленой массы и урожайность перспективных линий люцерны изменчивой и костреца безостого питомника конкурсного сортоиспытания в среднем за 2011–2016 гг.

Таблица 3. Характеристика перспективных линий многолетних трав питомника КСИ в среднем за 2011–2016 гг.

Table 3. Description of promising perennial grass lines in the nursery of competitive variety trials, average for 2011–2016

Культура	Сорт, линия	$\bar{x}$	Lim.	$\pm st.$	Сбор, кг/га		bi	σ^2_d
					$\bar{x}$	$\pm st.$		
Содержание белка, %					Белок			
Люцерна изменчивая	Омская 7, st.	17,08	14,11–19,82	–	737,86	–	1,17	0,82
	СП-2-99/91-267	17,73	14,50–19,60	+0,65	930,83	+192,97	1,20	1,83
	СП-2-99/01-282	18,34	15,40–20,57	+1,26	856,48	+118,62	0,49	1,73
	СП-2-99/01-132	18,28	15,11–20,00	+1,20	864,64	+126,78	0,51	1,07
	HCP ₀₅	0,50			90,52		–	–
Кострец безостый	СибНИИСХоз 189, st.	14,11	11,13–19,26	–	382,38	–	0,81	1,50
	СП-2-06/08-28	14,09	11,41–18,11	–0,02	469,20	+86,82	1,20	1,39
	HCP ₀₅	0,21			50,20		–	–
Содержание клетчатки, %					Клетчатка			
Люцерна изменчивая	Омская 7, st.	27,19	13,25–38,50	–	117,46	–	0,96	1,51
	СП-2-99/91-267	27,03	26,00–29,10	–0,16	141,91	+24,45	1,80	0,63
	СП-2-99/01-282	26,98	19,50–33,00	–0,21	126,00	+8,54	1,01	1,48
	СП-2-99/01-132	26,60	17,50–37,50	–0,59	125,82	+8,36	1,46	1,25
	HCP ₀₅	0,13			6,54		–	–
Кострец безостый	СибНИИСХоз 189, st.	27,68	11,13–35,00	–	75,01	–	0,98	0,85
	СП-2-06/08-28	32,65	26,30–41,55	+4,97	108,72	+33,71	0,81	1,44
	HCP ₀₅	4,00			30,54		–	–
Содержание кормовых единиц (к.е./кг сухого вещества)					Кормовые единицы			
Люцерна изменчивая	Омская 7, st.	0,73	0,46–1,09	–	31,54	–	0,94	0,02
	СП-2-99/91-267	0,92	0,66–1,53	+0,19	48,30	+16,76	1,01	0,00
	СП-2-99/01-282	0,72	0,58–0,91	–0,01	33,62	+2,08	2,60	0,00
	СП-2-99/01-132	0,73	0,48–0,97	0,00	34,53	+2,99	1,03	0,00
	HCP ₀₅	0,16			1,20		–	–
Кострец безостый	СибНИИСХоз 189, st.	0,72	0,54–1,16	–	19,51	–	0,99	0,01
	СП-2-06/08-28	0,78	0,41–1,53	+0,06	25,97	+6,46	1,82	0,01
	HCP ₀₅	0,04			4,52		–	–
Урожайность зеленой массы, т/га					Урожайность зеленой массы			
Люцерна изменчивая	Омская 7, st.	4,32	2,75–8,60	–	–	–	0,99	0,00
	СП-2-99/91-267	5,25	3,10–7,40	+0,94	–	–	1,41	0,13
	СП-2-99/01-282	4,67	1,86–9,70	+0,36	–	–	0,99	0,01
	СП-2-99/01-132	4,73	2,96–8,30	+0,42	–	–	0,72	0,11
	HCP ₀₅	0,30			–	–	–	–
Кострец безостый	СибНИИСХоз 189, st.	2,71	1,35–5,40	–	–	–	0,92	0,01
	СП-2-06/08-28	3,33	1,32–5,90	+0,62	–	–	0,81	0,00
	HCP ₀₅	0,50			–	–	–	–

Примечание: $\bar{x}$ – среднее по сорту; bi – коэффициент линейной регрессии; σ^2_d – величина стабильности реакции сортов; st. – название сорта-стандарта

Линии люцерны СП-2-99/91-267, СП-2-99/01-282 и СП-2-99/01-132 за счет превышения стандартного сорта 'Омская 7' по содержанию сырого белка ($+0,65 \div +1,26$ % к st.) и урожайности зеленой массы ($+0,36 \div +0,94$ т/га к st.) имели прибавку по сбору с 1 га белка ($+118,62 \div +192,97$ кг/га к st.) и кормовых единиц ($+2,08 \div +24,45$ к.е./кг сухого вещества к st.). Положительной характеристикой данных линий являлось пониженное содержание клетчатки ($0,16 \div -0,59$ % к st.).

Линия СП-2-99/91-267 – интенсивного типа ($b_i > 1$); по содержанию кормовых единиц стабильна, имела хорошие результаты в неблагоприятных условиях ($b_i > 1$, $\sigma^2_d = 0$).

Линия СП-2-99/01-282 соответствует интенсивному типу по содержанию клетчатки, кормовым единицам и урожайности ($b_i > 1$); по кормовым единицам и урожайности стабильна, имела хорошие результаты в неблагоприятных условиях ($b_i \geq 1$, $\sigma^2_d = 0$).

Линия СП-2-99/01-132 экстенсивного типа по содержанию белка и урожайности зеленой массы, интенсивного – по содержанию клетчатки и кормовых единиц. По содержанию кормовых единиц стабильна, имела хорошие результаты в неблагоприятных условиях ($b_i > 1$, $\sigma^2_d = 0$).

Линия костреца безостого СП-2-06/08-28 интенсивного типа по содержанию белка и кормовых единиц, экстенсивного – по содержанию клетчатки и урожайности зеленой массы. Характеризовалась содержанием белка на уровне стандарта 'СибНИИСХоз 189' (14,09 %) и прибавкой по урожайности ($+0,62$ т/га к st.), за счет чего наблюдалось превышение стандарта по сбору с 1 га как белка ($+86,82$ кг/га к st.), так и кормовых единиц ($+6,46$ к.е./кг сухого вещества к st.). Линия характеризовалась стабильностью по содержанию кормовых единиц, имела хорошие результаты в неблагоприятных условиях ($b_i > 1$, $\sigma^2_d = 0$). По урожайности данная линия также стабильна, имела хорошие результаты в благоприятных условиях ($b_i < 1$, $\sigma^2_d = 0$).

Выводы

1. Максимальное содержание сырого белка в зеленой массе наблюдалось в 2012 г. у люцерны изменчивой (20,16%, $I_j = 2,63$) и в 2013 г. у костреца безостого (18,32%, $I_j = 4,79$). Минимальное содержание клетчатки наблюдалось у люцерны в 2013 г. (16,13%, $I_j = -3,25$), у костреца в 2011 г. (11,0%, $I_j = -1,58$). Наиболее урожайным для обеих культур был 2014 г. (8,85 т/га, $I_j = 4,33$ у люцерны и 5,82 т/га, $I_j = 2,96$ у костреца).

2. Снижение содержания клетчатки у исследуемых культур способствовало повышению содержания белка ($r = -0,348$ и $-0,335$) и кормовых единиц ($r = 0,544$ и $0,352$ у люцерны и костреца соответственно). Повышение урожайности отрицательно сказалось на кормовых единицах ($r = -0,402$ и $-0,713$). Также наблюдается значительная обратная корреляция урожайности костреца безостого с содержанием сырого белка ($r = -0,617$) и прямая – с содержанием клетчатки ($r = 0,744$). Урожайность люцерны изменчивой находилась в слабой степени зависимости с содержанием белка и клетчатки ($r = 0,239$ и $0,306$).

3. Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью реакции на условия среды (при $b_i > 1$, $\sigma^2_d < 1$) обладали следующие сорта: 'Омская 7', 'Эльбрус' (содержание белка); 'Флора 5', 'Флора 6', 'СибНИИСХоз 99' (содержание белка, кормовых единиц и урожайность зеленой массы), 'Титан' (содержание кормовых единиц).

4. За период 2011–2016 гг. выделены лучшие образцы, представляющие ценность по комплексу признаков качества зеленой массы и урожайности.

– Линии люцерны изменчивой интенсивного типа СП-2-99/91-267, СП-2-99/01-282 и линия экстенсивного типа СП-2-99/01-132.

– Линия костреца безостого СП-2-06/08-28 интенсивного типа по содержанию белка и кормовых единиц, экстенсивного – по содержанию клетчатки и урожайности зеленой массы.

References/Литература

- Abubekеров B. A., Mamonov A. H. Selective Breeding of Perennial Grasses at Siberian Research Institute of Agriculture Crop Breeding for High Yield, Stability and Quality: Proceedings, International Scientific and Practical Conference Marking the 100th anniversary of Siberian Selective Breeding (Selekciya mnogoletnih trav v SibNIISKH. Selekciya sel'skohozyajstvennyh rastenij na vysokuyu urozhajnost', stabil'nost' i kachestvo: Materialy mezhdunarodnoj nauch. prakt. konferencii k 100-letiyu sibirskoj selekcii). Omsk : Variant-Omsk, 2012, pp. 44 [in Russian] (Абубекеров Б. А., Мамонов А. Х. Селекция многолетних трав в СибНИИСХ // Селекция сельскохозяйственных растений на высокую урожайность, стабильность и качество: Материалы международной науч. практ. конференции к 100-летию сибирской селекции. Омск : Вариант-Омск, 2012. С. 44).
- Dospekhov B. A. Methods of field experience (Metodika polevogo opyta). Moscow : Agropromizdat, 1985, 352 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 352 с.).
- Zykin V. A., Belan I. A., Yusova V. S., Kiraev R. S., Chanyshev I. O. Ecological flexibility of crops. Ekhologicheskaya plastichnost' sel'skohozyajstvennyh rastenij. Ufa, 2011, 97 p. [in Russian] (Зыкин В. А., Белан И. А., Юсова В. С., Кираев Р. С., Чанышев И. О. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений. Уфа, 2011. 97 с.).
- Stepanov A. F. The use of perennial grasses: monograph (Sozдание i ispol'zovanie mnogoletnih travostoev: monografiya). Omsk : publishing house of FGOU VPO Omgau, 2006, 312 p. [in Russian] (Степанов А. Ф. Создание и использование многолетних травостоев: монография. Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. 312 с.).
- Kashevarov N. I., Reznikov V. F. Siberian fodder production in figures. Sibirskoe kormoproizvodstvo v cifrah. Sib. otd-nie – Siberian research Institute of forages. Novosibirsk, 2012, 244 p. [in Russian] (Кашеваров Н. И., Резников В. Ф. Сибирское кормопроизводство в цифрах / РАСХН. Сиб. отделение. СибНИИ кормов. Новосибирск, 2012. 244 с.).
- Mishchenko L. N., Mel'nikova A. L. Soils of West Siberia. Pochvy Zapadnoj Sibiri. Omsk : FGOU VPO OmGAU, 2007, 248 p. [in Russian] (Мищенко Л. Н., Мельникова А. Л. Почвы Западной Сибири. Омск : ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. 248 с.).
- Pleshkov B. V. Practical course on Plant Biochemistry (Praktikum po biohimii rastenij). Moscow : Agropromizdat Publishers, 1985, 255 p. [in Russian] (Плешков Б. В. Практикум по биохимии растений. М. : Агропромиздат, 1985. 255 с.).
- Rutz R. I. Works program of the Breeding Center of Siberian Research Institute of Agriculture for the timeframe of 2011–2030 (Programma rabot selekcionnogo centra Sibirskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skogo hozyajstva na period 2011–2030 gg.). Novosibirsk, 2011, 203 p. [in Russian] (Рутц Р. И. Программа работ селекционного центра Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства на период 2011–2030 гг. Новосибирск, 2011. 203 с.).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-50-57

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК: 633.522:631.527

С. В. Григорьев

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

Ключевые слова:

Cannabis sativa L., семенная
продуктивность, скороспелость,
половые типы конопли, селекция
сортов для получения
функциональных пищевых
ингредиентов

Поступление:

26.11.2018

Принято:

10.12.2018

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕЛЕКЦИОННО ЗНАЧИМЫХ ПРИЗНАКОВ КОНОПЛИ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Актуальность. Современное возделывание и переработка конопли направлены на производство текстиля различного использования, костры, семян, масла и фармацевтических препаратов. Рост импорта в Россию товаров из группы «текстиль» продолжается, его объем в 2016–2017 гг. в стоимостном выражении составил \$8.96 млрд. Промышленная конопля является источником текстильного волокна и фигурирует в современном промышленном товарообороте РФ. В реестре селекционных достижений РФ числится 27 сортов и гибридов промышленной конопли. Однако в реестре нет сортов, специализированных для производства семян и высококачественного масла с улучшенным жирнокислотным составом для получения функциональных пищевых ингредиентов. Генетические ресурсы конопли как резерв развития селекции культуры в селекцентрах достаточно малочисленны, генотипически однообразны и практически малоисследованы по основным признакам. Следовательно, изучение генетически разнообразного исходного материала конопли, образцов коллекции по селекционно значимым признакам, выделение источников признаков высокой продуктивности и скороспелости конопли для дальнейшего прогресса селекции культуры в РФ представляют актуальность. **Материалы и методы.** Исследованы образцы конопли *Cannabis sativa* L. среднерусского и северного экотипов в почвенно-климатических условиях Северо-Запада РФ в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» по признакам созревания семян на 100-е сутки от посева у материки (женских растений) и усыхания поскони (мужских) в баллах, семенной продуктивности растений материки, технической длины растений, соотношения половых типов. **Результаты и выводы.** По признаку скороспелости материки выделены: к-528 (Тюмень), к-413 (Казахстан), к-313 (Киров), к-151 (Украина), к-315 (Киров), к-316 (Киров), к-317 (Киров), к-132 (Украина). Были выделены образцы, схожие по признаку скороспелости женских растений (матерке), но разделившиеся на подгруппы по степени усыхания (скороспелости) мужских – скороспелая поскось, среднеспелая и позднеспелая. Выделены образцы, которые обладали высокой скороспелостью женских растений и среднеспелостью мужских, а также обладавшие относительно высокой продуктивностью семян на растение в сочетании со скороспелостью (к-88, к-317, к-351).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-50-57

ORIGINAL ARTICLE

S. V. Grigoryev

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

Key words:

Cannabis sativa L., hemp sex types,
seed yield, earliness, lateness, source
material, breeding, CBD, seeds,
functional food ingredients.

Received:

26.11.2018

Accepted:

10.12.2018

NEW SOURCES OF AGRICULTURALLY VALUABLE TRAITS IN HEMP FROM THE VIR COLLECTION FOR CULTIVAR DEVELOPMENT

Background. Modern hemp cultivation and processing are targeted at the production of textiles for various purposes, hurds, seeds and oil for functional food and pharmaceutical use. The import of textiles to Russia has been observed to grow continuously, reaching \$8.96 billion in 2016–2017. The present industrial hemp production in Russia is still a source of textile yarn, integrated in the industrial turnover of goods in the Russian Federation. There are 27 cultivars and hybrids of industrial hemp for universal and dual use listed in the Russian Register of Breeding Achievements. However, there are no registered cultivars specifically earmarked to produce seeds or high-quality oil with improved fatty acid profile for production of functional food ingredients. Hemp genetic resources, as a reserve stock for crop improvement in the world's plant breeding centers, are quite scanty and genotypically similar, and their major useful traits have practically not been evaluated. Thus, accumulation of hemp germplasm variable in traits, its evaluation and screening to identify sources of such characters as earliness and high seed yield should be prioritized for further progress in the development of new cultivars on a broader genetic base. **Materials and methods.** Accessions of *Cannabis sativa* L. of the Mid-Russian and Northern ecotypes were studied under the edaphoclimatic conditions of Russia's northwest at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR with the purpose to assess the following traits: ripening of female and male plants 100 days after sowing (scores), seed yield per female plant, technical plant lengths, and correlations between plant sex types. **Results and conclusions.** The accessions k-528 (Tyumen), k-413 (Kazakhstan), k-313 (Kirov), k-151 (Mari), k-315 (Kirov), k-316 (Kirov), k-317 (Kirov), and k-132 (Ukraine) were characterized as early-ripening (female plants). Accessions similar in earliness of female plants, but differing in earliness of male plants (early, medium early and late) were identified. Medium and late male plants, as well as late female ones, are needed for the development of CBD-rich conventional dioecious cultivars. The accessions k-88, k-317 and k-351 were selected for earliness in female plants and medium earliness in male ones as well as for comparatively high seed yield per plant; they may be used in breeding programs to develop cultivars specifically for palatable seeds, which would make high-quality functional food ingredients due to their polyunsaturated fatty acid (PUFA) profile.

Введение

Конопля (*Cannabis* L.) возделывается человеком около 10 000 лет для волокна, семян, масла, для получения лекарственных и обезболивающих веществ (Clarke, Merlin, 2013). В 2017 г. в ЕС посевная площадь увеличилась до 33 тыс. га. Современные возделывание и переработка конопли направлены на производство текстиля различного использования, костры, семян, масла (для получения функциональных пищевых продуктов) и фармацевтических препаратов (Chandra et al., 2016; Small, 2018; Lewis et al., 2018). Несмотря на то, что в РФ производится 4530 млн м² текстильной и швейной продукции (в т. ч. только 1121 млн м² хлопчатобумажной), рост импорта в Россию товаров из группы «текстиль» продолжается. Налицо дефицит отечественного текстиля. За период 2016, 2017 гг. общий объем импорта составил \$8.96 млрд. В основном это готовые предметы одежды (32%) и трикотаж (31%). Промышленная конопля является источником текстильного волокна и фигурирует в современном промышленном товарообороте РФ. В силу различных факторов посевы конопли в РФ регрессировали со 150 тыс. га в конце 1990-х до современных 5 тыс. га. Товарооборот в России изделий из группы «пряжа пеньковая» за период 2014–2017 гг. составил \$51.2 тыс.; изделий из группы «пенька, сырец или обработанная» за 2013–2018 – \$65.9 тыс. Основной объем товарооборота пришелся на «волокно пеньковое, непрядое...» (92%), а также 8% на «пеньку сырую или моченую обработанную, но не подвергнутую прядению» (Bazyleva et. al., 2016; Commodity turnover..., 2018).

В РФ селекция промышленной конопли ведется несколькими ФГБНУ: в Краснодаре, Пензе и Кирове. По данным ФГБУ «Госсорткомиссия», по состоянию на 02.11.2018 в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, числится 27 сортов и гибридов промышленной конопли (Plant varieties..., 2018). Сорта имеют зеленцовое, двустороннее и универсальное направления использования. Однако в реестре нет сортов, специализированных для производства семян и высококачественного масла с улучшенным жирнокислотным составом для получения функциональных пищевых ингредиентов. Генетические ресурсы конопли как резерв развития селекции культуры в селекцентрах достаточно малочислены, генотипически однообразны (Lata et al., 2016; Zhang et al., 2014) и практически малоизучены по селекционно значимым признакам (Gao et al., 2014; Galasso et al., 2016; Welling et al., 2016). Соответственно, мобилизация и изучение генетически разнообразного исходного материала конопли, образцов коллекции по селекционно значимым признакам, выделение источников признаков высокой продуктивности и скороспелости конопли для дальнейшего прогресса селекции культуры в РФ представляют актуальность.

Материалы и методы

Исследования образцов коллекции ВИР конопли *Cannabis sativa* L. среднерусского и северного экотипов проводили в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» согласно методическим указаниям (Davidian et al., 1978). Созревание растений было оценено на 100-е сутки от посева в баллах по следующей шкале. Для женских растений (матерки): 0 – отсутствие созревших семян у основания соцветия, 1 – созревание семян в нижней половине соцветия, 2 – созревание достигло середины соцветия, 3 – созревание выше середины соцветия, 4 – созревание достигло верха соцветия. Для мужских растений (поскони): 0 – цветение без признаков усыхания, 1 – растение продолжает цвести, но признаки усыхания выражены, 2 – без признаков цветения (соцветие высохло). Техническая

длина растения – размер стебля от корневой шейки до начала соцветия в сантиметрах. Соотношение половых типов растений конопли в образце представлено с объединением минорных по численности половых типов в одну подгруппу. Число обнаруженных типов условно сведено до четырех: женский тип матерки (обычная однополая матерка), мужской тип поскони (обычная однополая посконь), однодомный тип (однодомная матерка), прочие типы (объединены: маскулинизированная матерка, однодомная посконь, типы феминизированной поскони). Полегание растений оценено в баллах: 0 – нет признаков полегания растений в образце, 1 – единичные растения полегли, 2 – полегание выражено.

Результаты и обсуждение

На 100-е сутки от посева по признаку скороспелости выделились образцы: к-528 (Тюмень), к-413 (Казахстан), к-313 (Киров), к-151 (Украина), к-315 (Киров), к-316 (Киров), к-317 (Киров), к-132 (Украина). Все перечисленные образцы (таблица) имели созревшие семена по всей длине соцветия матерки (балл 3,50 – 4,0). Растения поскони этих образцов практически прекратили вегетацию и усохли (балл 1,5–2,0). Примечательно, что среди отмеченных выше скороспелых по женским растениям образцов к-313, к-317 мужские растения были менее скороспелы, чем у остальных образцов и на момент учета еще продолжали вегетацию (балл 1,2).

У скороспелых по женским растениям образцов к-41 (Россия, Трубчевский кряж), к-61 (Мордовия), к-88 (Россия), к-107 (Алтай), у которых большая часть семян на растениях матерки практически была созревшей (балл 3,14–3,20), посконь продолжала вегетировать, проявляя лишь незначительные признаки усыхания (созревания) – балл 1,0.

Таким образом, все вышеперечисленные образцы конопли проявляли схожесть по признаку скороспелости женских растений (матерке), но разделялись на подгруппы по степени усыхания (скороспелости) мужских: скороспелая посконь, среднеспелая и позднеспелая.

Оригинальное сочетание признаков скороспелости основных половых типов демонстрировали образцы к-141 (Алтай) и к-85 (Тюмень). При сравнительно высокой степени усыхания поскони на момент учета (балл 1,5–1,8), растения матерки демонстрировали лишь начало созревания семян в нижней части соцветий (балл 1,44–2,66), т. е. эти образцы обладали высокой скороспелостью мужских растений и позднеспелостью женских (см. таблицу).

Функциональное агробиологическое назначение и, соответственно, различные характеристики различных половых типов конопли как структурных элементов сорта имеют принципиальную важность в сорте специализированного направления использования (Small, 2017). Для однодомных сортов конопли зеленцового, двустороннего и универсального направлений использования, где должен преобладать один половой тип, имеют первостепенное значение характеристики признаков однодомной феминизированной матерки (Virovets, Vereshchagin, 2014). Однако, помимо однодомных сортов конопли, которые имеют собственную достаточно сложную специфику репродукции, широко распространены двудомные сорта конопли, у которых созревание матерки и поскони максимально синхронизированы (одновременно созревающие сорта) (Da Porto et al., 2015; Brailion et al., 2016). Для селекции скороспелых двудомных сортов, ориентированных на получение преимущественно волокна, имеет принципиальное значение скороспелость матерки и отсроченный, синхронизированный с матеркой жизненный цикл мужских растений, которые сохраняют признаки вегетации и цветения на момент уборки сорта, не превращаются в сухую солому и не нарушают

качественную однородность стеблестоя. Это важно, поскольку усохшие мужские растения конопли на момент уборки приобретают жесткость, снижаются физико-механические признаки волокна, возникают проблемы при скашивании растений. Таким образом, с учетом вышеизложенного, для селекции скороспелых двудомных сортов конопли в качестве источников скороспелости могут быть рекомендованы образцы к-41 (Россия, Трубчевский кряж), к-61 (Мордовия), к-88 (Россия) и к-107 (Алтай), к-313, к-317 (Киров) (см. таблицу).

Таблица. Хозяйственно ценные признаки образцов конопли
(НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»; 2014–2016 гг.)
Table. Traits of agricultural value in hemp accessions
(Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2014–2016)

№ каталога ВИР	Название, происхождение	Созревание растений, балл		Семенная продуктивность, г/раст	Соотношение половых типов, %				Техническая длина, см	Полегающие растения, балл
		♀ ¹	♂ ²		♀	♂	Однодомные	Прочие		
541	ЮСО-31, Украина (ст.) ³	3,87	1,5	1,76	0	16,6	83,3	0	185,0	0,8
41	Трубчевский кряж, Россия	3,16	1,0	1,55	26,6	53,3	0	20	177,2	0,5
61	Местная, Мордовия	3,14	1,0	1,38	26,9	57,6	0	15,3	186,3	0,6
80	Местная, Башкирия	2,75	1,2	1,79	30,7	65,3	0	3,8	161,3	0,6
85	Местная, Тюмень	2,66	1,5	1,43	42,8	57,1	0	0	165,0	0,6
88	Большеписаревская, Россия	3,20	1,0	1,97	42,8	38	0	19	167,5	0,6
99	Кыштовская, Алтай	3,00	1,2	0,82	29,7	57,4	0	12,7	160,0	0,6
100	Местная, Алтай	3,40	1,2	0,72	20	57,7	0	22,2	168,9	1,0
107	Местная, Алтай	3,20	1,0	1,05	44,1	38,2	0	17,6	158,8	0,6
109	Проскуровский, Россия	3,50	1,3	0,69	23,8	61,9	0	14,2	183,8	1,0
114	Местная, Красноярск	3,40	1,3	1,57	34,8	55,8	0	9,3	190,0	0
132	Местная, Украина	3,60	1,4	1,40	20	66,6	0	13,3	188,6	0
133	Местная, Украина	2,80	1,0	1,10	30,4	47,8	4,3	17,3	180,0	0
141	Местная, Алтай	1,40	1,8	0,73	15,6	68,7	3,1	12,5	181,7	0,3
148	Алтайская	3,40	1,8	1,38	18,5	55,5	7,4	18,5	187,3	0,6
151	Марийская, Украина	3,83	2,0	1,54	53,3	46,6	0	0	202,0	1,3
156	Татарская, Украина	3,14	1,6	1,09	33,3	55,5	0	11,1	193,3	1,3
313	Местная, Киров	3,83	1,2	1,24	56,5	31,5	0	12,5	164,0	2,0
314	Местная, Киров	2,80	1,2	1,42	18,1	63,6	0	18,1	200,0	1,0
315	Местная, Киров	3,60	1,5	1,55	20	80	0	0	205,0	1,3
316	Местная, Киров	3,60	1,5	1,36	31,2	56,2	0	12,5	181,7	1,3
317	Местная, Киров	3,50	1,2	3,12	30,7	61,5	0	7,6	186,7	1,0
318	Местная, Коми	2,20	1,2	0,67	20	80	0	0	196,7	1,0
351	Местная, Чувашия	3,25	1,4	2,53	66,6	33,3	0	0	178,3	1,1
355	Местная, Мари	2,60	1,2	1,30	50	50	0	0	168,5	0,6
357	Местная, Мари	3,57	1,6	1,12	27,2	72,7	0	0	191,7	2,0
362	Местная, Удмуртия	2,75	1,7	1,08	38	52,3	0	9,5	190,0	1,0
413	Местная, Вост. Казахстан	4,00	2,0	1,09	54,1	45,8	0	0	188,6	0
419	Svalof L. 59706, Швеция	2,20	1,2	1,07	62,3	0	0	-	187,7	1,0
513	Рудеральная, Иркутск	2,40	1,2	0,30	32	68	0	0	202,7	0
528	Местная, Тюмень	4,00	2,0	1,56	55,5	44,4	0	0	181,7	0
536	Местная, Саратов	3,00	1,0	0,75	35,7	50	0	14,2	198,3	0,6
НСР ₀₅		1,26	0,6	1,26	-	-	-	-	21,3	1,3

Примечания. 1 – однополая матерка, 2 – однополая посконь, 3 – стандарт.

Следует отметить, что образцы конопли, имеющие сравнительно среднеспелую посконь и матерку с отсроченным периодом начала созревания семян в основании соцветия (к-141, к-85), представляют интерес для селекции сортов, направленных на фармацевтическое использование (получение каннабидиола) (Grigoryev, 2004; Small, 2017; Lewis et al., 2018), поскольку содержание этого вещества снижается после начала формирования семян на матерке и усыхания (созревания) поскони.

Семенная продуктивность растений образцов колебалась от 0,3 г/растение (к-513), до 3,12 (к-317). Наибольшая среди изученных образцов масса семян на

растение также отмечена у образцов: к-351 (2,53 г), к-88 (1,97 г), к-80 (1,79 г) (см. таблицу).

Ассортимент растительных масел, реализуемых в РФ, очень узок (Marionova, Grigoryev, 2016). Как уже было отмечено выше, в РФ не зарегистрировано промышленных сортов конопли масличного и зернового использования, допущенных к использованию (Plant varieties..., 2017). Потребность в создании сорта специализированного масличного и пищевого направления использования высока (Virovets, Vereshchagin, 2014; Small, 2017) и ведутся пребридинговые исследования в этом направлении (Da Porto et al., 2014; Shelenga et al., 2012). Среди изученных образцов коллекции конопли выделены те, которые в почвенно-климатических условиях Северо-Запада РФ обладали относительно высокой продуктивностью семян на растении в сочетании со скороспелостью (к-88, к-317, к-351). Помимо высокой семенной продуктивности, эти образцы имели скороспелую матерку в сочетании со средней скороспелостью поскони, что важно для создания двудомных сортов двустороннего использования.

По признаку сбалансированного соотношения половых типов растений (близкого к равным долям) были представлены обычной однополой матеркой и обычной однополой посконью с минимальным количеством других типов следующие образцы: к-151 (матерки 53,3% / поскони 46,6%), к-355 (50% / 50%), к-413 (54,1% / 45,9%), к-528 (55,5% / 44,4%). Максимальный процент обычной однополой матерки отмечен у образцов: к-151 (53,3%), к-313 (56,5%), к-413 (54,1%), к-528 (55,5%).

Признак технической длины является одним из важных для селекции сортов конопли, возделывание которой направлено преимущественно на получение волокна. Например, сорт 'ЮСО-31', декларируемый как сорт универсального направления использования (Plant varieties..., 2017), характеризуется выраженной технической длиной стебля и относительно небольшим размером соцветия, поскольку основное направление использования сорта – получение волокна, но не семян и масла как пищевых продуктов, предназначенных для систематического употребления в составе пищевых рационов. Наибольшие размеры технической длины выявлены у образца к-513, который не имел признаков полегания стеблей в поле на момент уборки (см. таблицу), а также образцы к-314, к-318, к-536. Однако у этих образцов единичные растения полегли (балл 0,6–1,0). Наибольший размер соцветий и семенную продуктивность растения сочетали образцы к-88, к-317 и к-351.

Заключение

Исследование признаков скороспелости, семенной продуктивности образцов конопли северного и среднерусского экотипов в условиях Северо-Запада РФ позволило выделить образцы, сочетающие признаки скороспелых, продуктивных по семенам растений обычной однополой матерки и среднеспелой обычной однополой поскони: к-313 (Киров), к-317 (Киров). Для создания скороспелых двудомных сортов конопли в качестве источников скороспелости могут быть также рекомендованы образцы к-41 (Россия, Трубчевский кряж), к-61 (Мордовия), к-88 (Россия) и к-107 (Алтай). Образцы к-88, к-317, к-351 (Чувашия) обладают относительно высокой продуктивностью семян на растении в сочетании со скороспелостью. Помимо высокой семенной продуктивности, эти образцы имеют скороспелую матерку в сочетании со средней скороспелостью поскони, что важно для создания двудомных сортов двустороннего использования. Среди образцов наибольшие размеры технической длины имел к-513 (Иркутск), который не имел признаков полегания стеблей в поле на момент уборки.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0018 «Разработка системного подхода к структурированию и формированию ex situ коллекций культурных растений, репрезентативных по видовому, сортовому и генетическому разнообразию, изучение внутривидовой наследственной изменчивости селекционно значимых признаков важнейших сельскохозяйственных культур и формирование признаковых и стержневых коллекций», номер государственной регистрации АААА-А16-116040710373-1.

References/Литература

- Bazyleva E. Yu., Brazhevskaya M. V., Vlasenko N. A., Zarubina E. V., Kulagina E. V., Osmakov V. S., Potyavina N. I., Rogovaya V. Ya., Sabelnikova M. A., Strukova V. E., Suvorov E. V., Shustova E. A. Industrial production in Russia. 2016: Rosstat. Moscow, 2016, 347 p. [in Russian] (Базылева Е. Ю., Бражевская М. В., Власенко Н. А., Зарубина Е. В., Кулагина Е. В., Осмаков В. С., Потявина Н. И., Роговая В. Я., Сабельникова М. А., Струкова В. Е., Суворов Е. В., Шустова Е. А. Промышленное производство в России. 2016: Стат.сб./Росстат. М., 2016. 347 с.).
- Braillon A., Taiebi F., Dervaux A. Letter on the article: “Cannabis” use: What to do in general practice? // Presse Med, 2016, 45 (6), pp. 614–615. DOI: 10.1016/j.lpm.2016.03.017. Epub 2016 May 24.
- Chandra S., Lata H., ElSohly M. A., Walker L. A., Potter D. Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product // Epilepsy Behav., 2017, vol. 70, pp. 302–312. DOI: 10.1016/j.yebeh.2016.11.029.
- Clarke R. C., Merlin M. D. Cannabis: evolution and ethnobotany. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 2013, pp. 321–323.
- Commodity turnover in Russia. Export and import of Russia by goods and countries. URL: <http://ru-stat.com/date-Y2013-2018/RU/trade/world/115302>. Accessed 10.10.2018 [in Russian] (Товарооборот России. Экспорт и импорт России по товарам и странам. URL: <http://ru-stat.com/date-Y2013-2018/RU/trade/world/115302>. Дата обращения 10.10.2018).
- Da Porto C., Decorti D., Natolino A. Potential oil yield, fatty acid composition, and oxidation stability of the hempseed oil from four Cannabis sativa L. cultivars // J. Diet Suppl., 2015, vol. 12 (1), pp. 9–10. DOI: 10.3109/19390211.2014.887601.
- Davidyan G. G., Rykova R. P., Kutuzova S. N., Rumyantseva L. T. The study of textile crops. Leningrad : VIR, 1978, 19 p. [in Russian] (Давидян Г. Г., Рыкова Р. П., Кутузова С. Н., Румянцев Л. Т. Изучение коллекции прядильных культур (хлопчатник, лен, конопля). Методические указания. Л. : ВИР, 1978, 19 с.).
- Galasso I., Russo R., Mapelli S., Ponzoni E., Brambilla I. M., Battelli G., Reggiani R. Variability in seed traits in a collection of Cannabis sativa L. genotypes // Front Plant Sci., 2016, vol. 20 (7), pp. 667–688. DOI: 10.3389/fpls.2016.00688.
- Gao C., Xin P., Cheng C., Tang Q., Chen P., Wang C., Zang G., Zhao L. Diversity analysis in Cannabis sativa based on large-scale development of expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers // PLoS One., 2014, vol. 20 (10), pp. 312–313. DOI: 10.1371/journal.pone.0110638.
- Grigoryev S. V. Prospects for industrial hemp in Russia // Director, 2004, no. 9, pp. 34–37 [in Russian] (Григорьев С. В. Перспективы культуры конопли в России // Директор. 2004. № 9. С. 34–37).
- Illarionova K. V., Grigoryev S. V. The structure of assortment of vegetable oil in local market of RF // Innovative technologies in industry – the basis for improving the quality, competitiveness and safety of consumer goods. 2016. pp. 137–140 [in Russian] (Илларионова К. В., Григорьев С. В. Структура ассортимента растительных масел по видам сырья в РФ. Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров. 2016. С. 137–140).
- Lata H., Chandra S., Khan I. A., ElSohly M. A. In vitro propagation of Cannabis sativa L. and evaluation of regenerated plants for genetic fidelity and cannabinoids content for quality assurance // Methods Mol. Biol. 2016, vol. 1391, pp. 275–278. DOI: 10.1007/978-1-4939-3332-7_19.
- Lewis M. A., Russo E. B., Smith K. M. Pharmacological foundations of Cannabis chemovars // Planta Med. 2018, vol. 84 (4), pp. 225–233. DOI: 10.1055/s-0043-122240.
- Plant varieties included in the State Register of Breeding Achievements Approved for use (as of 02.11.2018). Accessed 07.11.2018 [in Russian] (Сорта растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (на 02.11.2018). URL: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/134>. Дата обращения 07.11.2018).

- Shelenga T. V., Grigoryev S. V., Illarionova K. V. Biochemical research of hemp (*Cannabis sativa* L.) accessions from N. I. Vavilov Institute (VIR) collection // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2012, vol. 170, pp. 208–215 [in Russian] (Шеленга Т. В., Григорьев С. В., Илларионова К. В. Биохимическая характеристика семян и волокна образцов конопли (*Cannabis sativa* L.) из коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 208–215).
- Small E. Classification of *Cannabis sativa* in relation to agricultural, biotechnological, medical and recreational utilization. *Cannabis sativa* L.: botany and biotechnology. Berlin, 2017, pp. 61–62.
- Virovets V. G., Vereshchagin I. V. Perspective initial material for oil content to develop industrial hemp // Vestnik Altaiskogo agrarnogo universiteta, 2014, № 1 (111), pp. 19–23 [in Russian] (Вировец В. Г., Верещягин И. В. Перспективный исходный материал на масличность в селекции ненаркотической посевной конопли. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (111). С. 19–23).
- Welling M. T., Shapter T., Rose T. J., Liu L., Stanger R., King G. J. Belated green revolution for *Cannabis*: virtual genetic resources to fast-track cultivar development // Front Plant Sci, 2016, vol. 29 (7), p. 1113. DOI: 10.3389/fpls.2016.01113.
- Zhang L. G., Chang Y., Zhang X. F., Guan F. Z., Yuan H. M., Yu Y., Zhao L. J. Analysis of the genetic diversity of Chinese native *Cannabis sativa* cultivars by using ISSR and chromosome markers // Genet. Mol. Res., 2014, vol. 13 (4), pp. 490–500. DOI: 10.4238/2014.

УДК 633.16: 631.5(571.1)

**А. П. Ивакин,
А. А. Грушин**

Федеральный исследовательский
центр Всероссийского института
генетических ресурсов растений имени
Н. И. Вавилова,
филиал Волгоградская опытная
станция ВИР
404160, Россия, Волгоградская обл.,
г. Краснослободск, квартал опытная
станция ВИР, 30,

Ключевые слова:

фасоль обыкновенная,
скороспелость, компоненты
продуктивности, индексы
аттракции, описательная
статистика, корреляционный
анализ, источники ценных
признаков

Поступление:

02.07.2018

Принято:

10.12.2018

**ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И
АТТРАКЦИИ ОБРАЗЦОВ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.) В СЕВЕРНОЙ ЗОНЕ
ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ**

Актуальность. Несмотря на ценность фасоли как пищевого продукта, занимаемые культурой площади в России весьма незначительны и сортимент районированных сортов невелик. В связи с этим, актуальным направлением в селекции остается выведение новых, более продуктивных и приспособленных для выращивания в различных регионах страны, сортов. Решение этой задачи требует проведения научных исследований для поиска источников для селекционной работы. **Материалы и методы.** Исследования проводились на филиале Волгоградская опытная станция ВИР по общепринятым методикам. Всего было изучено 59 образцов фасоли обыкновенной из коллекции ВИР. Определяли скороспелость, компоненты продуктивности и аттракции. Была проведена статистическая обработка и корреляционный анализ полученных данных. **Результаты и выводы.** Проведено сравнительное исследование образцов фасоли различных групп скороспелости. Выявлены различия в степени варьирования компонентов продуктивности и макро- и микроаттракции. Раннеспелые образцы превосходили средне- и позднеспелые по степени вариабельности большинства признаков. Сильные положительные корреляции массы семян с одного растения наблюдаются с такими компонентами, как число бобов, общая масса, масса бобов и масса створок. Индекс микроаттракции практически не коррелирует с продуктивностью у раннеспелых образцов и слабо коррелирует у средне- и позднеспелых. Использование индекса микроаттракции при селекции фасоли на продуктивность в данной зоне нецелесообразно. Выделены образцы с высокими максимальными показателями продуктивности в основном из группы раннеспелых образцов и макроаттракции из группы средне- и позднеспелых. Ввиду явных преимуществ, для селекции фасоли на продуктивность в северной зоне Волго-Ахтубинской поймы рекомендуется использовать раннеспелые сорта. Особое внимание заслуживают образцы 'Code 128' (к-15261), 'Bertires' (к-15262), 'Oxy Amidor' (к-15269). Для селекции на макроаттракцию рекомендуются средне- и позднеспелые образцы 'Jetta' (к-14689), 'Prima' (к-14687), 'Zlute' (к-15127).

A. P. Ivakin,
A. A. Grushin

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;
e-mail: gnuvosvniir@yandex.ru

Key words:

common bean, earliness, yield
components, attraction indices,
descriptive statistics, correlation
analysis, sources of valuable traits

Received:

02.07.2018

Accepted:

10.12.2018

STUDYING YIELD COMPONENTS AND ATTRACTIONS INDICES IN COMMON BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) ACCESSIONS IN THE NORTHERN ZONE OF THE VOLGA- AKHTUBA FLOODPLAIN

Background. Despite the value of common beans as a food product, the area under this crop in Russia is quite small and the assortment of commercialized cultivars is limited. In this regard, a vital breeding trend for common bean in this country is still the development of new cultivars, more high-yielding and adapted to various areas of cultivation. To solve this problem, an advanced science-based search for breeding sources is required. **Materials and methods.** The research was carried out at Volgograd Experiment Station of VIR by conventional methods. Fifty-nine common bean accessions from the collection of VIR were altogether studied to determine their precocity, yield components and attraction indices. Statistical data processing and correlation analysis of the results were carried out. **Results and conclusions.** A comparative study of common bean accessions belonging to different earliness groups was conducted. Differences in the degree of variability were identified for yield components and macro- and micro-attraction indices. For a majority of traits, early-ripening accessions exceeded medium and late ones in the degree of variability. Strong positive correlations were observed between the seed weight per one plant and such characters as the number of pods, aggregate weight, weight of pods, and weight of valves. The index of micro-attraction practically did not correlate with productivity in early accessions, and only slightly correlated in medium/late ones, so it seems inexpedient to use the micro-attraction index in common bean breeding for higher yield in the region. Accessions with high maximum yield rates were selected mainly from the group of early-ripening accessions, and those with high macro-attraction levels, from the group of medium/late ones. In view of their obvious advantages, it is early cultivars that should be recommended for yield-targeted common bean breeding in the northern areas of the Volga-Akhtuba Floodplain. Special attention needs to be paid to the accessions 'Code 128' (k-15261), 'Bertires' (k-15262) and 'Oxy Amidor' (k-15269). The medium- or late-ripening accessions 'Jetta' (k-14689), 'Prima' (k-14687) and 'Zlute' (k-15127) are recommended to be used in breeding for micro-attraction.

Введение

Фасоль возделывается более чем в 70 странах мира, и среди зерновых бобовых культур она занимает второе место после сои. По данным ФАО на 2013 год, фасоль в РФ возделывалась на 4129 га, и было произведено 7062 т зерна, что составляет 0,003% от мирового производства (Food..., 2013). Этого недостаточно для удовлетворения потребности населения в столь ценном пищевом продукте, семена которого содержат белки, сопоставимые по ценности с белками мяса и рыбы. Невелико и число отечественных сортов фасоли, и по этому показателю наша страна отстает от экономически развитых стран.

Одним из основных направлений селекции фасоли является выведение более продуктивных сортов. Эффективность селекционного процесса по этому показателю во многом определяется знанием величины и характера сопряженности с другими признаками. При оценке источников для селекции необходимо, кроме продуктивности, изучить элементы структуры урожая, определить степень их изменчивости и установить взаимосвязь между ними. Кроме того, определенную ценность представляют сорта с максимальной интенсивностью аттракции пластических веществ в репродукционные органы. Использование таких генотипов, по мнению некоторых ученых, значительно ускоряет селекционный процесс и повышает его эффективность (Kononov, 1975; Diakov, 1982). Не менее актуально изучение образцов фасоли в различных климатических зонах России для выявления наиболее пригодных к культивированию в конкретных агроклиматических условиях.

Обширным исходным материалом для решения этих задач располагает коллекция фасоли ВИР, насчитывающая более 6500 образцов (Vishnyakova et al., 2013).

Материалы и методы

Исследования проводили на филиале Волгоградская опытная станция ВИР (зона полупустынь с аридным климатом) в течение пяти лет (2001–2005 гг.) на 59 коллекционных образцах фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), полученных из коллекции ВИР. Растения размещались на 5 метровых грядках с площадью питания для одного растения 25 x 70 см. Опыты закладывали на поливных участках, уход за растениями и изучение проводили по общепринятым методикам (Budanova et al., 1987).

Все показатели, связанные с продуктивностью, определяли в расчете на одно растение. Весовые показатели приведены в граммах. Были изучены следующие признаки: число бобов (Ч б); общая масса (М об) т. е. солома + бобы; масса соломы (стебли и листья) (М сол); масса бобов (М б); масса створок (М ст); масса семян (М сем); масса одного боба (М 1б); масса семян с одного боба (М с 1б); масса одного семени (М 1с). Кроме того, вычисляли макроаттракцию (х-индекс), который рассчитывали как отношение массы семян к массе соломы, и микроаттракцию (м-индекс) как отношение массы семян к массе створок бобов. Для определения скороспелости проводили фенологические наблюдения, начиная от всходов до полного созревания. Статистическую обработку данных осуществляли по Г. Н. Зайцеву (Zaytsev, 1973) и с использованием программной настройки «Пакет анализа» табличного процессора Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Все изученные образцы по длине вегетационного периода были разделены на две контрастные группы спелости: (1) ранняя и (2) среднепоздняя. В первую группу

вошли 36 раннеспелых образцов с периодом вегетации 64–75 дней, во вторую группу – 23 средне- и позднеспелых образца с продолжительностью вегетационного периода более 75 дней.

По массе семян, согласно классификатору (The broad unified..., 1984), в группе раннеспелых у 9 образцов семена были средние, у 24 – мелкие и у 3 образцов очень мелкие. В группе средне- и позднеспелых у 4 образцов семена были средние, у 16 – мелкие и у 3 – очень мелкие.

Результаты описательной статистики компонентов продуктивности и аттракции образцов фасоли, отличающихся по скороспелости, приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Описательная статистика компонентов продуктивности и индексов аттракции, раннеспелых образцов фасоли (филиал Волгоградская ОС ВИР)
Table 1. Descriptive statistics of yield components and attraction indices in early-ripening common bean accessions (Volograd Experiment Station of VIR)

Показатель	Ч б	М об	М сол	М б	М ст	М сем	М лб	М с лб	М лс	х-инд	м-инд
Среднее	22,5	51,2	22,0	29,1	8,46	20,7	1,38	0,99	0,33	0,99	2,68
Стандартная ошибка	1,72	3,17	1,25	2,18	0,73	1,53	0,04	0,036	0,011	0,049	0,096
Стандартное отклонение	16,6	30,6	12,1	21,0	7,04	14,67	0,43	0,347	0,093	0,47	0,93
Дисперсия выборки	276	937	145	442	49,5	215	0,18	0,121	0,009	0,221	0,86
Минимум	4,5	20	8,7	4,3	1,5	3,6	0,53	0,33	0,15	0,11	0,58
Максимум	85,5	174,7	68,6	106,1	37,9	76,8	2,76	2,22	0,62	2,99	4,76
Коэффициент вариации в %	73,8	60,0	54,8	72,1	83,2	70,8	31,2	35,1	28,2	47,7	34,5
Уровень надежности (95,0)	3,42	6,30	2,48	4,33	1,45	3,02	0,088	0,072	0,021	0,097	0,191

Таблица 2. Описательная статистика компонентов продуктивности и индексов аттракции средне- и позднеспелых образцов фасоли (филиал Волгоградская ОС ВИР)
Table 2. Descriptive statistics of yield components and attraction indices in medium- and late-ripening common bean accessions (Volograd Experiment Station of VIR)

Показатель	Ч б	М об	М сол	М б	М ст	М сем	М лб	М с лб	М лс	х-инд	м-инд
Среднее	28,06	65,9	32,9	32,9	9,24	23,6	1,18	0,844	0,29	0,80	2,59
Стандартная Ошибка	1,79	3,38	1,71	2,22	0,63	1,65	0,05	0,04	0,012	0,062	0,103
Стандартное отклонение	14,0	26,4	13,38	17,4	5,0	12,86	0,39	0,305	0,081	0,483	0,803
Дисперсия Выборки	196	695	179	302	24,6	165	0,15	0,093	0,007	0,233	0,644
Минимум	1,2	25,5	11,3	1,1	0,3	0,8	0,48	0,29	0,14	0,03	1,11
Максимум	71	142	66,5	75,4	25,1	53,8	2,3	1,67	0,49	2,36	4,69
Коэффициент вариации в %	49,8	40,0	40,0	52,9	54,1	54,5	33,0	36,1	27,9	60,4	31,0
Уровень надежности (95,0)	3,59	6,75	3,43	4,45	1,27	3,29	0,10	0,08	0,024	0,124	0,206

Анализ показывает, что у образцов из второй группы (средне- и позднеспелых) средние значения таких компонентов, как число бобов, общая масса, масса соломы, масса бобов, масса створок и масса семян выше по сравнению с аналогичными компонентами образцов из первой группы (раннеспелых). Средние значения массы

одного боба и массы одного семени, а также индексов макро и микроаттракции выше в группе раннеспелых образцов.

Однако у раннеспелых образцов максимальные значения коэффициента вариации большинства компонентов выше, чем у средне- и позднеспелых образцов. Исключение составляют масса одного боба, масса семян с одного боба и величина индекса макроаттракции.

Таблица 3. Коэффициенты парных корреляций между элементами продуктивности и индексами аттракции раннеспелых образцов фасоли (филиал Волгоградская ОС ВИР)

Table 3. Coefficients of pair correlations between yield components and attraction indices in early-ripening common bean accessions (Volgograd Experiment Station of VIR)

Показатель	Ч б	М об	М сол	М б	М ст	М сем	М лб	М с лб	М лс	х-инд	м-инд
Ч б	1										
М об	0,91	1,00									
М сол	0,77	0,87	1,00								
М б	0,89	0,96	0,69	1,00							
М ст	0,84	0,91	0,69	0,93	1,00						
М сем	0,87	0,94	0,66	0,99	0,86	1,00					
М лб	-0,25	0,02	-0,19	0,14	0,07	0,17	1,00				
М с лб	-0,26	-0,03	-0,25	0,10	-0,04	0,16	0,97	1,00			
М лс	-0,30	-0,10	-0,17	-0,04	-0,12	-0,01	0,72	0,72	1,00		
х-инд	0,26	0,27	-0,20	0,50	0,40	0,53	0,49	0,52	0,18	1,00	
м-инд	-0,14	-0,26	-0,28	-0,07	-0,30	0,05	0,23	0,42	0,28	0,33	1,00

*Все коэффициенты корреляции больше $\pm 0,21$ достоверны на 5%-ном уровне значимости.

Таблица 4. Коэффициенты парных корреляций между элементами продуктивности и индексами аттракции средне- и позднеспелых образцов фасоли (филиал Волгоградская ОС ВИР)

Table 4. Coefficients of pair correlations between yield components and attraction indices in medium- and late-ripening common bean accessions (Volgograd Experiment Station of VIR)

Показатель	Ч б	М об	М сол	М б	М ст	М сем	М лб	М с лб	М лс	х-инд	м-инд
Ч б	1,00										
М об	0,80	1,00									
М сол	0,51	0,81	1,00								
М б	0,82	0,89	0,45	1,00							
М ст	0,76	0,90	0,55	0,94	1,00						
М сем	0,81	0,86	0,40	0,99	0,88	1,00					
М лб	-0,08	0,25	-0,10	0,45	0,40	0,46	1,00				
М с лб	-0,03	0,25	-0,13	0,48	0,36	0,51	0,98	1,00			
М лс	-0,29	0,13	0,06	0,14	0,11	0,15	0,61	0,62	1,00		
Х-инд	0,31	0,14	-0,42	0,53	0,33	0,59	0,55	0,63	0,03	1,00	
М-инд	0,26	0,07	-0,21	0,27	-0,06	0,39	0,21	0,39	-0,01	0,61	1,00

*Все коэффициенты корреляции больше $\pm 0,25$ достоверны на 5%-ном уровне значимости.

Сравнивая степени вариабельности изученных признаков, можно прийти к выводу, что наибольшей изменчивостью обладают такие показатели, как количество бобов на растении, масса бобов, масса створок и масса семян. В наименьшей степени изменчивы такие компоненты как масса одного боба и индекс макроаттракции.

Если провести качественную оценку варьирования изученных признаков по шкале, предложенной Г. Н. Зайцевым (Zaytsev, 1973), то в группе раннеспелых образцов у четырех признаков варьирование нормальное, у трех – большое и

у четырех – очень большое. В группе средне- и позднеспелых образцов у шести признаков варьирование нормальное и у пяти – большое.

Таким образом, можно сделать вывод о большей степени вариабельности признаков у раннеспелых образцов по сравнению со средне- и позднеспелыми. Как известно, большая вариабельность признаков у селекционного материала расширяет базу для селекционной работы и делает ее более эффективной.

Для определения степени взаимосвязи между элементами продуктивности и показателями аттракции были вычислены коэффициенты парных корреляций по группам скороспелости.

Качественная оценка силы корреляционной связи была дана по шкале Чеддока (цит. по Makarova, Trofimets, 2003). Сильная положительная связь массы семян с одного растения наблюдается с такими компонентами, как число бобов, общая масса, масса бобов и масса створок. По остальным парам показателей корреляции были слабыми или умеренными, положительными или отрицательными.

Практическое значение имеют корреляционные связи урожайности с остальными компонентами продуктивности, т. к. отбор на урожайность растения является одним из основных направлений в селекции фасоли.

Обзор литературных данных по корреляционным связям между массой семян с одного растения и другими компонентами продуктивности представлен в статье И. А. Русских (Russkikh, 2014). Автор указывает на противоречивость этих данных, однако в большинстве исследований выявлены сильные корреляции между массой семян с одного растения и числом бобов, числом семян в бобе и массой бобов, что вполне согласуется с нашими данными.

Особо следует отметить, что макроаттракция практически не коррелирует с продуктивностью у раннеспелых образцов и слабо коррелирует у средне- и позднеспелых. Аналогичный вывод был сделан Н. М. Чекалиным и В. Н. Алпатьевым при изучении коллекции сои (Chekalin, Alpatyev, 1988).

Мы полагаем, что использовать индекс микроаттракции при селекции фасоли на продуктивность в зоне Нижнего Поволжья нецелесообразно. Здесь уместно напомнить предположение В. А. Драгавцева (Dragavtsev, 1997) о том, что эти индексы «работают» в комфортных условиях выращивания растений, когда они определяются генами аттракции. На фоне экстремальных условий, таких как в зоне Нижнего Поволжья, где урожайность в большей степени определяется генами засухоустойчивости и жаростойкости, эти индексы «работают» слабо. Макроаттракция имеет с продуктивностью умеренную силу корреляционной связи. В обеих группах скороспелости между индексами макро- и микроаттракции отмечается умеренная положительная корреляция, но, если в первой группе (раннеспелых) она заметная (+0,61), то во второй группе (средне- и позднеспелых) значительно слабее (+0,33). В таблицах 5 и 6 приведены образцы разных групп спелости, выделившиеся по максимальной продуктивности и макроаттракции в расчете на одно растение.

При анализе этих данных можно сделать вывод, что образцы, выделившиеся по максимальным значениям массы зерна с одного растения, находятся преимущественно в группе ранних, а образцы с наибольшей максимальной величиной х-индекса – в группе среднепоздних.

При изучении продуктивности и структуры урожая фасоли установлено (Kolotilov, Kolotilova, 1982), что наиболее продуктивными являются образцы с наибольшей продолжительностью вегетационного периода. Вероятно, умеренный климат, в котором проводились наблюдения, более благоприятен для позднеспелых сортов. По данным этих исследователей, в наибольшей степени продуктивность коррелирует с числом бобов и семян на растении.

Таблица 5. Образцы фасоли, выделившиеся по максимальной массе семян с одного растения (филиал Волгоградская ОС ВИР)**Table 5. Common bean accessions identified as having the highest seed weight per one plant (Volgograd Experiment Station of VIR)**

№ кат. ВИР	Название	Происхождение	Группа спелости	Максимальная масса семян в г/1 раст.
15261	Code 128	Нидерланды	ранняя	76,8
15262	Bertires	Нидерланды	ранняя	73,8
15269	Oxy Amidor	Нидерланды	ранняя	72,2
15231	Славянка	Россия	ранняя	53,8
15211	Junin 127	Германия	среднепоздняя	53,8
15213	Garden Green	Германия	ранняя	52,9
15281	Nomad	Польша	среднепоздняя	52,1
15270	Almere	Нидерланды	ранняя	50,3

Таблица 6. Образцы фасоли, выделившиеся по максимальной величине х-индекса аттракции одного растения (филиал Волгоградская ОС ВИР)**Table 6. Common bean accessions identified as having the highest attraction index per one plant (Volgograd Experiment Station of VIR)**

№ кат. ВИР	Название	Происхождение	Группа спелости	х-индекс (макс./1 раст.)
15270	Almere	Нидерланды	ранняя	2,99
14689	Jetta	-	среднепоздняя	2,36
14687	Prima	Чехословакия	среднепоздняя	1,94
15127	Zlute	Чехия	среднепоздняя	1,77
15176	Диалог	Россия	среднепоздняя	1,74
14936	Greta	-	среднепоздняя	1,65
15197	Бусинка	Россия	ранняя	1,64
15231	Славянка	Россия	ранняя	1,58

Изучение коллекции фасоли на Астраханской ОС ВИР, (Gurkina, 2009) находящейся в той же климатической зоне, что и Волгоградская станция, дало следующие результаты. Самыми высокими показателями степени вариабельности обладали такие компоненты продуктивности, как масса семян с растения и количество бобов на растении, а наименьшей изменчивостью – число семян в бобе. Сильные положительные корреляции были выявлены между числом бобов, массой семян с растения и массой одного боба. Эти данные хорошо согласуются с данными, полученными в наших исследованиях.

Известно, что фасоль культура теплолюбивая. Диапазон оптимальной температуры для фасоли в период бутонизации и цветения находится в пределах +20–25°C, но завязывание бобов может происходить и при 35–40°C (Golban, 1982). Однако при выращивании фасоли в условиях повышенных температур (более +30°C) в течение длительного периода времени, наблюдается опадение цветков и бобов (Vavilov, 1986). По наблюдениям Шевченко (Shevchenko, 1978), бобы у фасоли завязываются и созревают в основном из тех цветков, которые раскрываются в первые 10–12 дней цветения.

Учитывая все вышеизложенное, мы считаем, что усилия селекционеров фасоли в зоне полупустынь с аридным климатом должны быть сосредоточены на выведении скороспелых сортов, способных закладывать урожай до наступления периода высоких температур и низкой влажности. Кроме того, скороспелость позволяет растениям избежать поражения многими болезнями и вредителями за

счет несовпадения их репродуктивных циклов и сокращает затраты на проведение агротехнические мероприятия (Vishnyakova, 2007). Также, по нашим данным, раннеспелые образцы отличаются большей вариабельностью признаков, а это, как известно, расширяет возможности отбора исходного материала для селекции.

Заключение

Установлено, что у изученных образцов фасоли обыкновенной наибольшей изменчивостью обладают такие компоненты продуктивности, как число бобов на растении, масса бобов, масса створок и масса семян. В наименьшей степени вариабельны масса одного боба и индекс макроаттракции.

Раннеспелые образцы отличаются большей степенью вариабельности признаков по сравнению со средне- и позднеспелыми.

Сильная положительная корреляция массы семян с одного растения наблюдается с такими компонентами, как число бобов, общая масса, масса бобов и масса створок. По остальным парам показателей связь была слабой или умеренной, положительной или отрицательной.

Индекс микроаттракции практически не коррелирует с продуктивностью у раннеспелых образцов и слабо коррелирует у средне- и позднеспелых. Полагаем, что селекция фасоли по признаку микроаттракции в данной зоне неперспективна.

Образцы, выделившиеся по показателям продуктивности и макроаттракции, могут служить ценным исходным материалом при селекции на эти признаки и создании сортов фасоли, адаптированных к условиям аридного климата северной зоны Волго-Ахтубинской поймы. В селекции на продуктивность рекомендуется использовать раннеспелые образцы. Особое внимание следует обратить на образцы 'Code 128' (к-15261), 'Bertires' (к-15262), 'Оху Amidor' (к-15269). Для селекции фасоли с высокими индексами макроаттракции преимущество имеют средне- и позднеспелые образцы, среди которых выделяются 'Jetta' (к-14689), 'Prima' (к-14687), 'Zlute' (к-15127).

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-11640710369-4.

References/Литература

- Budanov V. I., Buravtseva T. V., Lagutina L. V. Study beans samples of the world collection. Methodological recommendations. Leningrad: VIR, 1987, 27 p. [in Russian] (Буданова В. И., Буравцева Т. В., Лагутина Л. В. Изучение образцов мировой коллекции фасоли. Методические указания. Л.: ВИР, 1987. 27 с.).
- Diakov A. B. Improving the reliability of identification of productive genotypes in the selection of sunflower from the splitting populations. Reports of agricultural Sciences. 1982, no. 7, pp. 18–19 [in Russian] (Дьяков А. Б. Повышение надежности идентификации продуктивных генотипов при отборе из расщепляющихся популяций подсолнечника // Доклады ВАСХНИЛ. 1982. № 7. С. 18–19).
- Chekalin N. M., Alpatyev V. N. Evaluation soybeans samples of world collection on indicators attraversability and microrespirometry // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding, 1988, vol. 117, pp. 20–25 [in Russian] (Чекалин Н. М., Алпатьев В. Н. Оценка образцов мировой коллекции сои по показателям аттрагирующей способности и микрораспределений // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1988. Т. 117. С. 20–25).
- Dragavtsev V. A. Ecological and genetic screening of the gene pool and methods of construction of agricultural plant varieties by yield, stability and quality. Methodological recommendations (new approaches). St. Petersburg: VIR, 1997, 51 p. [in Russian] (Драгавцев В. А. Эколого-генетический

- скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. Методические рекомендации (новые подходы). СПб. : ВИР, 1997. 51 с.).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) – 2013 [Electronic resource]. URL: <http://www.apps.fao.org> (reference date: 26.11.2018).
- Golban N. M. Bean. // Legumes. Kishinev, 1982, pp. 52–82 [in Russian] (Гольбан Н. М. Фасоль. // Зернобобовые культуры. Кишинев, 1982. С. 52–82).
- Kolotilov V. V., Kolotilova A. S. Productivity and yield structure of beans samples of different early maturity // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding, 1982, vol. 72, iss. 1. pp. 107–112 [in Russian] (Колотилов В. В., Колотилова А. С. Продуктивность и структура урожая образцов фасоли разной скороспелости // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1982. Т. 72., вып. 1. С. 107–112).
- Konovalov Yu. B. Attraversa activity of developing fruits, seeds and prospects of using it as a breeding trait // Physiological and genetic bases of increase of productivity of grain crops. Moscow, 1975, pp. 34–43 [in Russian] (Коновалов Ю. Б. Аттрагирующая активность развивающихся плодов, семян и перспективы использования ее в качестве селекционного признака // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур. М., 1975. С. 34–43).
- Makarova N. V., Trofimets V. J. Statistics in Excel. Moscow : Finance and statistics, 2002, 252 p. [in Russian] (Макарова Н. В., Трофимец В. Я. Статистика в Excel. М. : Финансы и статистика, 2002. 252 с.).
- Petrova M. V., Buravtseva T. V., Kolotilova A. S. New samples of beans as a source material for breeding // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding, 1990, vol. 135, pp. 107–112 [in Russian] (Петрова М. В., Буравцева Т. В., Колотилова А. С. Новые образцы фасоли как исходный материал для селекции // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1990. Т. 135. С. 107–112).
- Russkikh I. A. Mobilization, research and prospects for the use of genetic resources of genus *Phaseolus* L. 2014. // <http://nauka.x-pdf.ru> [in Russian] (Русских И. А. Мобилизация, изучение и перспективы использования генетических ресурсов рода *Phaseolus* L. 2014. // <http://nauka.x-pdf.ru>).
- Shevchenko N. S. The objectives and directions of plant breeding of beans in the area of Kharkov breeding center // In : Selection, seed and methods of cultivation of beans. Oriol. 1975. pp. 38–41. [in Russian] (Шевченко Н. С. Задачи и направления селекции фасоли в зоне Харьковского селекцентра // В кн. : Селекция, семеноводство и приемы возделывания фасоли. Орел, 1975. С. 38–41).
- The broad unified CMEA classifier and international classifier of CMEA cultivated species of the genus *Phaseolus* L. / Budanova V. I., Lagutina. L. V., Korneychuk V. et all. Leningrad : VIR, 1984. 46 p. [in Russian] (Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. / Буданова В. И., Лагутина Л. В., Корнейчук В. и др. Л. : ВИР, 1984. 46 с.).
- Vavilov P. P. Plant growing. Moscow : Agropromizdat, 1987. 459 p. [in Russian] (Вавилов П. П. Растениеводство // М. : Агропромиздат. 1986. 459 с.).
- Vishnyakova M. A. The role of the gene pool of leguminous crops in solving the urgent problems of breeding, crop production and improving the quality of life // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding, 2007, vol. 164, pp. 101–118 [in Russian] (Вишнякова М. А. Роль генофонда зернобобовых культур в решении актуальных задач селекции, растениеводства и повышении качества жизни. // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2007. Т. 164. С. 101–118).
- Vishnyakova M. A., Bulyntsev S. V., Burlyaeva M. O. et all. Source material for selection of vegetable legumes in the collection of VIR // Vegetables of Russia. 2012, no. 1 (18). pp. 16–25 [in Russian] (Вишнякова М. А., Булынтsev С. В., Бурляева М. О. и др. Исходный материал для селекции овощных бобовых культур в коллекции ВИР// Овощи России. № 1 (18). 2013. С. 16–25).
- Zaytsev G. N. The methodology of biometric calculations. Moscow : Nauka, 1973, 256 p. [in Russian] (Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. М. : Наука, 1973. 256 с.).
- Gurkina M. V. Evaluation of collection samples of vegetable beans and selection of sources of valuable features for breeding in the arid zone of the Lower Volga region : the author's abstract diss. ... candidate of agricultural sciences. Astrakhan, 2009, 26 p. [in Russian] (Гуркина М. В. Оценка коллекционных образцов овощной фасоли и выделение источников ценных признаков для селекции в аридной зоне Нижнего Поволжья : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Астрахань, 2009. 26 с.).

УДК 633.16:470.44/.47

**Г. В. Козубовская¹,
В. И. Балакшина²**

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, филиал Волгоградская опытная станция ВИР.

Россия, 404160, Волгоградская область, Среднеахтубинский район, г. Краснослободск, Опытная станция ВИР, кварт. 30, e-mail: kozubovskaya.galina@mail.ru

²Нижне-Волжский НИИСХ – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, Россия, 403013, Волгоградская область, Городищенский район, пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции, ул. Центральная, д. 12. e-mail: nwniish@mail.ru

Ключевые слова:

ячмень, урожайность, метеорологические условия

Поступление:

12.07.2018

Принято:

10.12.2018

УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОРЯДНОГО ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ *PALLIDUM* В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ

Актуальность. В сухостепной зоне Волгоградской области в основном высевают двурядный яровой ячмень разновидности *nutans* и *medicum* (*Hordeum vulgare* L. subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *nutans* Shuebl. и *H. vulgare* L. subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *medicum* Koern.). Многорядный яровой ячмень, обладающий более высоким потенциалом продуктивности, занимает минимальные площади. Целью работы было изучение многорядного ярового ячменя разновидности *pallidum* (*H. vulgare* L. subsp. *vulgare* var. *pallidum* Ser.) разного происхождения в условиях сухостепной зоны. **Материалы и методы.** Исследования проводились в сухостепной зоне светло-каштановых тяжелосуглинистых почв Волгоградской области на опытном поле Нижне-Волжского Научно-исследовательского института сельского хозяйства. Питомник заложен по общепринятой методике. Для исследований были отобраны 120 образцов многорядного ярового ячменя разновидности *pallidum* из 11 стран, стандарт – районированный сорт двурядного ячменя ‘Донецкий 8’ разновидности *medicum*. **Результаты и выводы.** В условиях сухостепной зоны Волгоградской области на светло-каштановых тяжелосуглинистых почвах, при количестве осадков за вегетацию 51,6–168,1 мм, ГТК = 0,5–0,83 урожайность всех образцов многорядного ярового ячменя разновидности *pallidum* была ниже по сравнению со стандартом – районированным сортом двурядного ячменя ‘Донецкий 8’ разновидности *medicum*. В засушливых условиях (ГТК = 0,5) хороший результат был у образцов из Таджикистана и Туркменистана, в более влажный год (ГТК = 0,83) у образцов из Киргизии, Перу, Туркменистана, Узбекистана. Все годы проведения опыта у образцов из Мексики и Боливии урожайность была в 1,2–1,5 раза ниже по сравнению со средней по коллекции. У образцов из Египта коэффициент хозяйственной эффективности был максимальный 36,9%–41,4%.

G. V. Kozubovskaya¹,
V. I. Balakshina²

¹Volgograd Experiment Station, branch of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 30, VIR Experiment Station Block, Krasnoslobodsk, Sredneakhtubinsky District, Volgograd Province, 404160, Russia;
e-mail: kozubovskaya.galina@yandex.ru

²Lower Volga Research Institute of Agriculture, branch of the Federal Scientific Center of Agroecology, RAN, 12, Tsentralnaya St., Agricultural Experiment Station's Settlement, Gorodishchensky District, Volgograd Province, 403013, Russia;
e-mail: nwniish@mail.ru

Key words:

barley, productivity, meteorological conditions.

Received:

12.07.2018

Accepted:

10.12.2018

THE YIELD OF MULTI-ROWED BARLEY (VAR. *PALLIDUM*) IN THE ARID STEPPE ZONE

Background. Cultivated in the arid steppe zone of Volgograd Province is mainly two-rowed spring barley of the varieties *nutans* and *medicum* (*Hordeum vulgare* L. subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *nutans* Schuebl. and *H. vulgare* L. subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *medicum* Koern.). The areas under multi-rowed spring barley, with higher yield potential, are minimal. The aim of this work was to study multi-row spring barleys of the variety *pallidum* (*H. vulgare* L. subsp. *vulgare* var. *pallidum* Ser.) of various origins in the arid steppe environment. **Materials and methods.** The research was conducted in the arid steppe zone of Volgograd Province, with its light-chestnut heavy loamy soils, on the experimental field of the Lower Volga Research Institute of Agriculture. The nursery was set up according to the standard technique, and 120 multi-rowed spring barley accessions representing the *pallidum* variety from 11 countries were selected for the research. The commercialized two-rowed barley cultivar 'Donetsky 8' of the *medicum* variety was chosen as a reference. **Results and conclusions.** In the arid steppe environment of Volgograd Province, on light-chestnut heavy loamy soils, with the precipitation amount of 51.6–168.1 mm during vegetation and the hydrothermal coefficient (HTC) of 0.5–0.83, the productivity of all multi-rowed spring barley accessions of the *pallidum* variety was lower than that of the reference. Under dryer conditions (HTC = 0.5), the accessions from Tajikistan and Turkmenistan demonstrated good results, while in a wetter year (HTC = 0.83), those from Kyrgyzstan, Peru, Turkmenistan and Uzbekistan proved better. During all the years of experimenting, the accessions from Mexico and Bolivia were producing 1.2–1.5 times lower yields than the average for the collection. The accessions from Egypt had the highest economic efficiency ratio (36.9%–41.4%).

Введение

Ячмень *Hordeum vulgare* L. играет важную роль как кормовая, продовольственная и техническая культура. В настоящее время в посевах встречается огромное разнообразие сортов, подвидов, разновидностей ярового ячменя. На территории Российской Федерации в 2016 году допущено к использованию 283 сорта ярового ячменя и только 8,1% представлено многорядными сортами (State Register..., 2016.).

В каждой эколого-географической зоне возделывают разновидности, адаптированные к условиям региона.

В Волгоградской области основным фактором, ограничивающим получение высоких урожаев ячменя, является недостаточная влагообеспеченность растений в период вегетации, которая усугубляется отсутствием закономерности во времени наступления засухи по годам. В данных почвенно-климатических условиях засуха может наступать в любой момент, начиная от посева и до созревания зерна. В сухостепной зоне, как правило, предпочтение отдается двурядным подвидам ячменя разновидностей *nutans* (*H. vulgare* L. subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *nutans* Schuebl.) и *medicum* (*H. vulgare* L. subsp. *distichon* (L.) Koern. var. *medicum* Koern.). Наиболее распространены такие сорта, как 'Камышинский 23', 'Донецкий 8', 'Прерия'. Многорядные яровые ячмени занимают минимальные площади. В основном их высевают как демонстрационные посевы.

Целью работы было изучение многорядного ярового ячменя разновидности *pallidum* (*H. vulgare* L. subsp. *vulgaris* var. *pallidum* Ser.) разного происхождения в условиях сухостепной зоны Волгоградской области.

Материалы и методы

Исследования проводились в сухостепной зоне на опытном поле Нижне-Волжского Научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФНИ агроэкологии РАН.

Почва светло-каштановая слабосолонцеватая, тяжелосуглинистая, с исходным содержанием гумуса в пахотном слое от 1,5 до 1,75%. Реакция почвенного раствора pH = 8,0–8,1.

Климатические условия в годы проведения опытов значительно различались, что оказало влияние на продуктивность ячменя.

2015 год был средним по влагообеспеченности. Количество осадков за период вегетации составило 114,3 мм. Гидротермический коэффициент ГТК = 0,55. Осадки распределялись неравномерно. Основное их количество (58 мм и 51 мм) выпало в фазы кущение и колошение. Фаза выхода в трубку проходила при практическом отсутствии осадков (1,4 мм), высокой среднесуточной температуре (+22–23°C) и низкой относительной влажности воздуха (35–46%). В это время идет формирование генеративных органов, и недостаток влаги наибольшее отрицательное влияние оказывает на озерненность колоса.

Наиболее благоприятные условия для формирования урожайности были в 2016 году, когда за вегетацию выпало 168,0 мм осадков и распределились они в течение вегетации равномерно. Гидротермический коэффициент был довольно высокий – 0,82.

В экстремальных по гидротермическому режиму условиях вероятность получения высоких стабильных урожаев в значительной степени связана с продолжительностью периода всходы-колошение (Chigantsev et al., 2009).

В 2017 году выпало наименьшее количество осадков за вегетацию (91 мм), в основном в фазу выхода в трубку (56,3 мм), а в период созревания наблюдалась умеренная температура воздуха (сумма активных температур 711°C).

Для исследований были отобраны 120 образцов многорядного ярового ячменя разновидности *pallidum* из 11 стран. В качестве стандарта использовали районированный сорт двурядного ячменя разновидности *medicum* – ‘Донецкий 8’.

Питомник изучения был заложен на паровом поле по методике ВИР им. Вавилова (Loskutov et al., 2012).

Математическую обработку и коэффициент хозяйственной эффективности ($K_{хоз}$) проводили по общепринятой методике (Dospiehov, 1985). Для коэффициента адаптации, который показывает степень приспособленности данного сорта к условиям выращивания, использовали понятия «среднесортная урожайность года» (Jivotkov, Morozova, 1994), а также использовали индекс экологической пластичности сорта – $Y_{sp} = S_s/S_k$, где: Y_{sp} – индекс экологической пластичности сорта; S_s – урожайность сорта; S_r – средняя урожайность всех сортов выборки (Tihonov, 2007).

Результаты и выводы

Урожайность ярового ячменя в значительной степени зависела от распределения осадков в течение вегетации.

Наименьшая урожайность у всех образцов была в 2015 году, когда засушливые условия были в фазу выход в трубку. Средняя урожайность по всей коллекции составила всего 1,17 т/га (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность многорядного ярового ячменя разновидности *pallidum* (Нижне-Волжский НИИСХ)
Table 1. The yield of multi-rowed spring barley, var. *pallidum* (Lower Volga Research Institute of Agriculture)

Происхождение	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	Урожайность, т/га	Коэффициент адаптации	$K_{хоз}$, %	Урожайность, т/га	Коэффициент адаптации	$K_{хоз}$, %	Урожайность, т/га	Коэффициент адаптации	$K_{хоз}$, %
Афганистан	0,93	0,74	21,7	4,77	1,04	37,4	2,95	0,75	30,1
Иран	1,04	0,83	21,0	4,01	0,84	32,0	3,71	1,00	33,6
Туркменистан	1,46	1,17	23,9	4,81	1,01	36,1	3,70	1,00	32,9
Таджикистан	1,87	1,50	30,8	4,44	0,93	35,6	3,72	1,00	38,4
Киргизия	1,15	0,92	22,1	5,00	1,05	35,6	3,21	0,81	27,5
Узбекистан	0,87	0,69	24,5	5,07	1,07	37,1	4,10	1,10	37,9
Казахстан	0,97	0,73	19,2	4,21	0,88	29,4	4,56	1,20	36,3
Египет	1,15	0,90	36,9	4,57	0,96	41,4	3,60	0,91	39,3
Мексика	0,85	0,68	22,8	4,49	0,94	38,4	3,00	0,76	29,3
Перу	0,85	0,68	14,7	4,98	1,05	38,1	3,10	0,81	38,1
Боливия	0,86	0,69	15,6	3,24	0,68	32,2	3,12	0,81	30,4
St. Донецкий 8	2,43	1,94	32,0	5,70	1,20	41,1	5,68	1,53	38,7
$\bar{X} \pm S_x$	1,17±0,1			4,60±0,3			3,70±0,2		
X max	2,43			5,70			4,56		
X min	0,85			3,24			2,95		
Количество осадков (мм)	114,0			168,0			91,0		

Максимальная урожайность в этот год была у образцов из Таджикистана, которая доходила до 3,2 т/га (образец 14914), в то же время у образца к-21495 урожайность составила всего 0,93 т/га. Вариабельность по урожайности у образцов была значительной и составила 32,6%. Минимальная урожайность была у образцов из Мексики и Перу, где она варьировала от 0,13 т/га (образцы к-23347 из Перу и к-25271

из Мексики) до 1,73 т/га (к-23300 Перу). Вариабельность была наибольшей 62,3–69,0%. У образцов из Боливии при меньшей урожайности, которая варьировала от 0,13 т/га (образец к-27149) до 1,2 т/га (образцы к-23430, к-27163, к-27148), коэффициент вариации был почти в два раза меньше – 31,2%.

Средняя урожайность зерна (1,15 т/га) и наименьшая вариабельность (23,5%) получена у образцов из Киргизии, где урожайность варьировала от 0,93 т/га (к-11928) до 1,47 т/га (к-11791).

Коэффициент адаптации выше 1 в этот год был только у образцов из Туркменистана и Таджикистана.

При более благоприятных условиях влагообеспеченности в 2016 году урожайность практически у всех образцов была максимальной, в среднем составила 4,6 т/га.

Наиболее отзывчивыми на условия увлажнения были образцы из Киргизии (к-11993, к-4251) – 5,47 т/га, коэффициент вариации у которых составил всего 13,8%. У отдельных образцов из Узбекистана урожайность доходила до 7,46 т/га (к-26085, к-26075), однако вариабельность была более значительной – 33,5%.

Наименьшая урожайность в 2016 году была у образцов из Боливии, где она варьировалась от 0,93 т/га (к-27164) до 5,6 т/га (к-21695), коэффициент вариации – 46,9%.

У образцов из Ирана различия по урожайности были меньше от 2,6 т/га (к-3782) до 5,2 т/га (к-3066), коэффициент вариации составил 21%.

Коэффициент адаптации выше 1 был у образцов из Афганистана, Туркменистана, Киргизии, Узбекистана, Перу.

В 2017 году при минимальном количестве осадков за вегетацию (91 мм), урожайность ячменя у всех образцов была довольно высокой, в среднем составила 3,70 т/га. Этому способствовали выпавшие осадки в фазу выхода в трубку и умеренная температура воздуха в период созревания. Наибольшая урожайность была у образцов из Казахстана (к-5834, к-5844, к-12833) – 5,37 т/га, коэффициент вариации 17,3%, и Узбекистана (к-8958, к-9270, к-11834) – 5,25 т/га, коэффициент вариации был выше 27,3%.

Наименьшая урожайность была у образцов из Афганистана, где различия были значительные, варьировала от 1,12 т/га (к-6036, к-5928) до 5,37 т/га (к-6056). Коэффициент вариации составил 48,8%.

Коэффициент адаптации выше 1 был только у образцов из Узбекистана и Киргизии. Урожайность на уровне средней по коллекции (коэффициент адаптации 1) была у образцов из Ирана, Туркменистана, Таджикистана. Образец к-6038 из Афганистана отличался большей стабильностью, как во влажный (2016 г.), так и в более засушливый (2017 г.) год урожайность была хотя и ниже средней по коллекции (коэффициент адаптации 0,81–0,89), но практически одинаковой – 3,5–3,86 т/га.

У образцов к-3068 из Ирана, к-24777 из Таджикистана, к-5092 и к-15514 из Казахстана коэффициент адаптации был выше 1 как в засушливый год, так и при более благоприятных условиях выращивания.

У сорта 'Донецкий 8' (стандарт) все годы исследований урожайность была выше средней по коллекции. Во влажный (2016) год в 1,2 раза в засушливый (2017) год – в 2,1 раза.

Коэффициент хозяйственной эффективности ($K_{хоз}$) при неблагоприятных условиях у всех образцов был небольшой (23,7%), особенно у образцов из Перу (14,7%) и Боливии (15,6%). При более благоприятных условиях выращивания $K_{хоз}$ увеличился до 36,2%. Необходимо отметить, что у образцов из Египта все годы проведения опыта $K_{хоз}$ был максимальный – 36,9%–41,4%.

В условиях сухостепной зоны проводили изучение формирования продуктивности многорядного ярового ячменя сорта 'Омский 99', созданного в Сибирском НИИСХ (Aniskov et al., 2017).

Анализ данных показал, что урожайность сорта 'Омский 99' была ниже, чем у сорта 'Донецкий 8' (стандарт) не только в засушливый 2014-й год, но и в более высоко влагообеспеченный 2016-й год (табл. 2). Наиболее значительное снижение урожайности до 0,7 т/га произошло в 2015 году, когда в фазу «выход в трубку» наступила сильная засуха, что отрицательно сказалось на формировании колосков в колосе. В этот год коэффициент хозяйственной эффективности был минимальный – 11,4%. Сравнивая сорт 'Омский 99' с сортом-стандартом, видим, что коэффициент адаптивности у него ниже 1, особенно при засухе в фазу выход в трубку.

Таблица 2 Урожайность многорядного ярового ячменя сорта 'Омский 99' (Нижне-Волжский НИИСХ)

Table 2. The yield of the multi-rowed spring barley cultivar 'Omsky 99' (Lower Volga Research Institute of Agriculture)

Сорт	Год исследований	Кол-во осадков за вегетацию	Урожайность, т/га	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	К _{хоз} , %	Коэффициент адаптации
Омский 99	2014	51,6	1,3	45	32,4	29,4	0,90
	2015	114,3	0,7	56	38,1	11,4	0,46
	2016	168,1	3,6	84	37,2	32,5	0,75
Среднее			1,86				
Донецкий 8	2014	-	2,8	49	40,0	34,4	2,13
	2015	-	2,9	60	38,3	37,3	1,89
	2016	-	5,7	83	47,3	41,7	1,20
Среднее			3,8	64,0	41,8	37,8	1,74

Несмотря на высокие потенциальные возможности многорядных яровых ячменей сорт 'Омский 99' в условиях сухостепной зоны не реализовал свой потенциал.

Заключение

Анализ показал, что в условиях сухостепной зоны Волгоградской области на светло-каштановых, тяжелосуглинистых почвах, при количестве осадков за вегетацию 51,6–168,1 мм, гидротермическом коэффициенте (ГТК) 0,50–0,83 урожайность всех образцов многорядного ярового ячменя разновидности *pallidum* была ниже по сравнению с районированным сортом двурядного ярового ячменя разновидности *medicum* 'Донецкий 8'. Для реализации потенциальных возможностей многорядных ячменей необходимо создавать более благоприятные условия по влагообеспеченности с применением интенсивных технологий.

В засушливых условиях (ГТК = 0,5) коэффициент адаптации выше 1 был у образцов из Таджикистана и Туркменистана (к-14914, к-5092, к-15514), в более влажный год (ГТК = 0,83) – у образцов из Киргизии (к-11928, к-11791), Перу (к-23300, к-23305, к-23311), Туркменистана (к-23300, к-23305, к-23311), Узбекистана (к-8958, к-9270, к-11833).

У образцов из Мексики и Боливии во все годы проведения опыта, урожайность была в 1,2–1,5 раза ниже по сравнению со средней по коллекции.

Образец к-6038 из Афганистана отличался большей стабильностью, как во влажный, так и в засушливый год урожайность была практически одинаковой 3,5–3,8 т/га.

У образцов из Египта во все годы проведения опыта коэффициент хозяйственной эффективности был максимальный 36,9%–41,4%.

У образцов к-3068 из Ирана, к-24777 Таджикистана, к-5092 и к-15514 из Казахстана коэффициент адаптации был выше 1 как в засушливый год, так и при более благоприятных условиях выращивания, что является показателем высокой адаптации для ячменей данной разновидности и может являться рекомендацией для использования в селекции на засухоустойчивость.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИАР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР: АААА-А16-116040710369-4».

References/Литература

- Aniskov N. J., Safonova I. V., Nikolaev P. N. Agrobiological characteristics of common barley Omcriy 99 // Vestnik NGAY. 2017, no. 1 (42), pp. 15–23 [in Russian] (Анисков Н. И., Сафонова И. В., Николаев П. Н. Агробιοлогическая характеристика многогранного сорта ярового ячменя Омский 99 // Вестник НГАУ. 2017, №1 (42). С. 15–23).
- State Register of Selection Achievements Approved for Use: Plant Varieties / RF Ministry of Agriculture. FGBU "State Commission". Moscow, 2016, 504 p. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: сорта растений / МСХ РФ. ФГБУ «Госсортокомиссия». М., 2016. 504 с.).
- Dospehov B. A. The methods of field research with statistic cleaning the results of researches. Moscow : Aliance, 1985, 357 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методы полевых исследований со статистической обработкой результатов исследований. М. : Альянс, 1985. 357 с.).
- Jivodkov L. A., Morozova Z. A. The methods of revealing of potential productivity and adaptively of sorts and selection forms by the mark of crops // Selection and breeriding, 1994, no. 2, 36 p. [in Russian] (Живодков Л. А., Морозова З. А. Методы выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм по признаку посевов // Селекция и семеноводство, 1994. № 2. С. 36).
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Metodological directions for studying and keeping international collection of barley and oat. St. Petersburg : VIR, 2012, 63 p. [in Russian] (Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Э. В. Методологические указания по изучению и хранению международной коллекции ячменя и овса. СПб. : ВИР, 2012. 63 с.).
- Tihonov N. A. The improving of yield structure of crops of Spring barley Ergeninsky 2 // International agricultural Journal, 2007, no. 6, pp. 56–58 [in Russian] (Тихонов Н. А. Совершенствование структуры урожая посевов ярового ячменя Ергенинский 2 // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 6. С. 56–58).
- Chigantsev N. P., Chigantseva L. P., Kozubovskaya G. V. Factors influencing in barley yilds in the volga region // Bulletin Applied Botany, Genetics and Plant Breeding, 2009, vol. 165, pp. 66–68 [in Russian] (Чиганцев Н. П., Чиганцева Л. Р., Козубовская Г. В. Факторы превышения урожайных марок в условиях Нижней Волги // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2009. Т. 165. С. 66–68).

УДК 635.21:631.811

**Л. И. Костина,
О. С. Косарева**Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений
имени Н. И. Вавилова,
190000, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: o.kosareva@vir.nw.ru**Ключевые слова:**картофель, сорт, селекция,
продуктивность, крахмал,
устойчивость, вирусы, фитофтороз,
нематода**Поступление:**

10.09.2018

Принято:

10.12.2018

**КОЛЛЕКЦИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ,
СКОРОСПЕЛОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ К
ФИТОФТОРОЗУ, ВИРУСНЫМ БОЛЕЗНЯМ И
GLOBODERA ROSTOCHIENSIS WOLL.**

Актуальность. В статье приведена информация о результатах скрининга сортов картофеля по главным хозяйственным признакам: скороспелости, высокой продуктивности, повышенному содержанию крахмала, устойчивости к фитофторозу – *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, вирусным болезням и картофельной нематоде – *Globodera rostochiensis* Woll. (Ro1). **Материалы и методы.** Материалом для изучения послужила мировая коллекция ВИР отечественных и зарубежных сортов картофеля. Изучение выполнено по методике, разработанной в отделе генетических ресурсов картофеля ВИР. **Результаты и выводы.** Выделены сорта с хозяйственно ценными признаками: с высокой урожайностью – ‘Бастион’ (к-25198), ‘Белуха’ (к-25146), ‘Гейзер’ (к-25266), ‘Горняк’ (к-25311), ‘Ларец’ (к-25211), ‘Манифест’ (к-25265), ‘Метеор’ (к-25212), ‘Нур-Алем’ (к-25253), ‘Призер’ (к-25217), ‘Чароит’ (к-25221), ‘Banba’ (к-25222), ‘Colleen’ (к-25224), ‘Gala’ (к-25270), ‘Leoni’ (к-25244) и др.; с повышенным содержанием крахмала – ‘Актюбинский-2’ (к-25300), ‘Алая роза’ (к-25144), ‘Вектор’ (к-25200), ‘Выток’ (к-11897), ‘Дарница’ (к-25179), ‘Жолбарыс’ (к-25155), ‘Зарево’ (к-10773), ‘Лад’ (к-25180), ‘Левада’ (к-25121), ‘Максимум’ (к-25136), ‘Палитра’ (к-25123), ‘Тамыз’ (к-25307), ‘Универсал’ (к-25137), ‘Чараўник’ (к-25139); с горизонтальной устойчивостью к фитофторозу – ‘Аймурат’ (к-25248), ‘Арал’ (к-25107), ‘Бастион’ (к-25198), ‘Беркут’ (к-25250), ‘Вектор’ (к-25200), ‘Великан’ (к-25201), ‘Гасцінец’ (к-25264), ‘Жолбарыс’ (к-25155), ‘Звездочка’ (к-25209), ‘Мусинский’ (к-25312), ‘Нур-Алем’ (к-25253), ‘Рапсодия’ (к-25130), ‘Сеним’ (к-25306), ‘Сункар’ (к-25258), ‘Тамыз’ (к-25307), ‘Удовичкий’ (к-25260) и др.; с полевой устойчивостью к вирусным болезням – ‘Адил’ (к-25112), ‘Азарт’ (к-25196), ‘Бастион’ (к-25198), ‘Великан’ (к-25201), ‘Волат’ (к-25263), ‘Гасцінец’ (к-25264), ‘Гейзер’ (к-25266), ‘Жемчужина’ (к-25128), ‘Красавчик’ (к-25210), ‘Максимум’ (к-25136), ‘Малышок’ (к-25189), ‘Манифест’ (к-25265), ‘Надежда’ (к-25213), ‘Нур-Алем’ (к-25253), ‘Памяти Лорха’ (к-25214), ‘Рапсодия’ (к-25130), ‘Сеним’ (к-25306), ‘Сиреневый туман’ (к-25143), ‘Султан’ (к-25131), ‘Текес’ (к-25173), ‘Фаворит’ (к-25132), ‘Чароит’ (к-25221), ‘Щедрик’ (к-25126) и др. Выделены сорта, сочетающие устойчивость к золотистой картофельной нематоде с другими хозяйственно ценными признаками. Данные по изученным сортам дополнены анализом их родословных и сведениями по оценке по потомству от самоопыления. В результате выделен исходный материал для пополнения признаковых коллекций на продуктивность, повышенное содержание крахмала, устойчивость к фитофторозу, вирусным болезням и картофельной нематоде.

L. I. Kostina,
O. S. Kosareva

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

Key words:

potato, cultivar, breeding, yield, starch,
resistance, virus, late blight, nematode

Received:

10.09.2018

Accepted:

10.12.2018

THE COLLECTION OF POTATO CULTIVARS AS A SOURCE FOR BREEDING FOR HIGH YIELD, EARLINESS, AND RESISTANCE TO LATE BLIGHT, VIRUS DISEASES AND *GLOBODERA* *ROSTOCHIENSIS* WOLL.

Background. The article presents information on the results of screening potato cultivars for major commercial traits: earliness, high yield, high starch content, resistance to late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), virus diseases and potato nematode (*Globodera rostochiensis* Woll. (Ro1)). **Materials and methods.** VIR's collection of domestic and foreign potato cultivars served as the material for this research. The study was conducted in accordance with the guidelines developed at the Potato Genetic Resources Department of VIR. **Results and conclusion.** The analysis of pedigrees helped to select source material for the main trends of domestic potato breeding. Data of a number of cultivars identified by analyzing progenies from self-pollination are presented in the paper. Potential sources of major commercial traits were found: cvs. 'Banba' (k-25222), 'Bastion' (k-25198), 'Belukha' (k-25146), 'Charoit' (k-25221), 'Colleen' (k-25224), 'Gala' (k-25270), 'Geyzer' (k-25266), 'Gornyak' (k-25311), 'Larets' (k-25211), 'Leoni' (k-25244), 'Manifest' (k-25265), 'Meteor' (k-25212), 'Nur-Alem' (k-25253), 'Prizer' (k-25217), etc. were identified as high yield sources; cvs. 'Aktyubinskiy-2' (k-25300), 'Alaya roza' (k-25144), 'Charaŭnik' (k-25139), 'Darnitsa' (k-25179), 'Lad' (k-25180), 'Levada' (k-25121), 'Maksimum' (k-25136), 'Palitra' (k-25123), 'Tamyž' (k-25307), 'Universal' (k-25137), 'Vektor' (k-25200), 'Vytok' (k-11897), 'Zarevo' (k-10773) and 'Zholbarys' (k-25155) as sources of high starch content; cvs. 'Aral' (k-25107), 'Aymurat' (k-25248), 'Bastion' (k-25198), 'Berkut' (k-25250), 'Gastsinets' (k-25264), 'Musinskiy' (k-25312), 'Nur-Alem' (k-25253), 'Rapsodiya' (k-25130), 'Senim' (k-25306), 'Sunkar' (k-25258), 'Tamyž' (k-25307), 'Udovitskiy' (k-25260), 'Vektor' (k-25200), 'Velikan' (k-25201), 'Zholbarys' (k-25155) and 'Zvezdochka' (k-25209) as sources of late blight resistance; cvs. 'Adil' (k-25112), 'Azart' (k-25196), 'Bastion' (k-25198), 'Charoit' (k-25221), 'Favorit' (k-25132), 'Gastsinets' (k-25264), 'Geyzer' (k-25266), 'Krasavchik' (k-25210), 'Maksimum' (k-25136), 'Malyshok' (k-25189), 'Manifest' (k-25265), 'Nadezhda' (k-25213), 'Nur-Alem' (k-25253), 'Pamyati Lorkha' (k-25214), 'Rapsodiya' (k-25130), 'Senim' (k-25306), 'Sirenevyy tuman' (k-25143), 'Sultan' (k-25131), 'Shchedrik' (k-25126), 'Tekes' (k-25173), 'Velikan' (k-25201), 'Volat' (k-25263), 'Zhemchuzhina' (k-25128), etc. as sources of field resistance to virus diseases. Cultivars combining resistance to potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis* Woll. (Ro1)) with other valuable commercial traits were also identified.

Введение

Сокращение посевных площадей под картофелем при одновременной интенсификации отрасли приводит к необходимости выведения новых высокопродуктивных сортов, устойчивых к болезням и вредителям. Для решения этой проблемы необходимо выделение новых источников ценных признаков для важнейших направлений селекции картофеля.

Для удобства использования нового исходного материала целесообразно его представлять в виде рабочих признаковых коллекций для целей селекции: скороспелость, продуктивность, повышенное содержание крахмала, устойчивость к болезням: фитофторозу – *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, вирусным болезням; устойчивость к картофельной нематоде (*Globodera rostochiensis* Woll., Ro1) и др. признаки.

Материалы и методы

Работа выполнена в Пушкинском филиале ВИР в 2015–2017 гг. на материале мировой коллекции селекционных сортов картофеля ВИР. Изучение проведено по основным хозяйственно ценным признакам по методикам отдела генетических ресурсов картофеля (Budin et al., 1986; Kiru et al., 2010) и Международному классификатору СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. (Bukasov et al., 1984). Содержание крахмала клубней сортов картофеля определяли удельно-весовым способом по Методике изучения технологических свойств картофеля (Shinkarev, 1988). Оно основано на определении плотности клубней в воздухе и воде с дальнейшим применением номограммы Эдгара и Назаренко для расчета процента сухого вещества и крахмала.

Исходный материал, выделенный в результате трехлетней оценки в полевых и лабораторных условиях, для повышения результативности его использования в селекции, необходимо подвергнуть более углубленному изучению. Для этой цели необходимо сделать анализ генеалогии выделенного сорта с характеристикой всех использованных при его выведении сортов – их положительные и отрицательные свойства (Kostina, 1992). Желательно иметь оценку выделенного образца по потомству от самоопыления и результатам скрещивания.

Результаты и обсуждение

Одним из наиболее важных направлений в селекции картофеля, особенно для условий Северо-Западных регионов России, где сравнительно короткий вегетационный период, является создание скороспелых сортов картофеля. Скороспелость сорта – способность его рано давать высокий урожай товарных клубней. Она зависит от срока начала образования клубней и интенсивности накопления их массы. Такими являются ранние и среднеранние сорта.

В настоящее время в коллекции 40% сортов от общего числа образцов обладают скороспелостью. Коллекция картофеля ВИР ежегодно пополняется новыми скороспелыми сортами отечественной и зарубежной селекции. Селекционерам известно, что для выведения ранних сортов, наиболее результативным является использование в качестве родительских форм двух ранних сортов.

В результате 3-летнего изучения по скороспелости выделены сорта: 'Бакша' (к-25116), 'Горняк' (к-25311), 'Жемчужина' (к-25207), 'Загадка' (к-24795), 'Метеор' (к-25212), 'Памяти Канаева' (к-25305), 'Повинь' (к-24736), 'Этюд' (к-25178). Скороспелые сорта 'Башкирский' (к-25338), 'Кемеровчанин' (к-25191), 'Малышок'

(к-25189), 'Сибирский ранний' (к-25150), 'Союз' (к-25169), 'Тустеп' (к-24826) и 'Чароит' (к-25221) сочетают скороспелость с продуктивностью. Среди сортов дальнего зарубежья по скороспелости выделены сорта: 'Arosa' (к-24762), 'Colette' (к-24767), 'Gala' (к-25270), 'Jade' (к-25243), 'Leoni' (к-25244), 'Madeleine' (к-25322), 'Rosara' (к-24779), 'Solist' (к-24784). Ранее также были выделены сорта, сочетающие скороспелость с высокой продуктивностью, превышающие стандарт сорт 'Невский' (к-10736): сорта России – 'Антонина' (к-24624), 'Белоснежка' (к-12211), 'Вдохновение' (к-12192), 'Виза' (к-12193), 'Жигулевский' (к-25004), 'Жуковский ранний' (к-11825), 'Крепыш' (к-12168), 'Кузнечанка' (к-25005), 'Лига' (к-12198), 'Лина' (к-12109), 'Радонежский' (к-12202), 'Рябинушка' (к-12203), 'Сударыня' (к-12206), 'Удача' (к-11900) и др.

Высокая продуктивность. По этому показателю выделены сорта, превышающие 1000 грамм с растения и превышающие стандарты сортов 'Невский' (к-10736) и 'Аврора' (к-12188). Сорта России и страны СНГ: 'Бастион' (к-25198), 'Белуха' (к-25146), 'Гейзер' (к-25266), 'Горняк' (к-25311), 'Кормилец' (к-24718), 'Красавчик' (к-25210), 'Лагун' (к-25294), 'Ларец' (к-25211), 'Манифест' (к-25265), 'Метеор' (к-25212), 'Мирас' (к-25304), 'Нур-Алем' (к-25253), 'Призер' (к-25217), 'Сеним' (к-25306), 'София' (к-25256), 'Фальварак' (к-25138), 'Чароит' (к-25221), а также сорта дальнего зарубежья: 'Actrice' (к-25242), 'Banba' (к-25222), 'Colleen' (к-25224), 'Fioretta' (к-25194), 'Gala' (к-25270), 'Habibi' (к-25232), 'Infinity' (к-25234), 'Leoni' (к-25244), 'Margarita' (к-25245), 'Red Fantasy' (к-25324), 'Universa' (к-25240).

Оценка исходного материала *по потомству от самоопыления* является эффективным методом. Для целей селекции на продуктивность из выделенных ранее сортов можно рекомендовать сорта: 'Alcmaria' (к-19900) (в потомстве 75% семян с высокой продуктивностью), 'Desiree' (к-19544) (55%), 'Granola' (к-22096) (53%), 'Ora' (к-8366) (50%), 'Provita' (к-19918) (52%), 'Quarta' (к-19460) (54%), 'Ласунок' (к-12285) (71%), 'Невский' (к-10736) (62%). Эти сорта рекомендуются для включения в признаковую коллекцию на продуктивность.

Сорта с повышенным содержанием крахмала. Картофель – важная продовольственная, техническая и кормовая культура. В последние годы в России открылись новые производства по переработке картофеля на чипсы, сухое картофельное пюре, крупку и другие продукты. В настоящее время сортов картофеля с повышенным содержанием крахмала для промышленной переработки выводится мало, однако эти сорта определяют рентабельность перерабатывающих отраслей. Для создания новых сортов картофеля с повышенным содержанием крахмала необходим новый исходный материал. По 3-летним данным выделены высококрахмалистые сорта картофеля: 'Актюбинский-2' (к-25300) (18,5–19,5%), 'Алая роза' (к-25144) (18,0–20,1%), 'Вектор' (к-25200) (17,5–21,1%), 'Выток' (к-11897) (18,0–24,3%), 'Дарница' (к-25179) (17,5–18,5%), 'Жолбарыс' (к-25155) (18,5–19,5%), 'Зарево' (к-10773) (18,8–24,9%), 'Лад' (к-25180) (17,5–18,5%), 'Левада' (к-25121) (17,5–18,5%), 'Максимум' (к-25136) (23,8–24,9%), 'Палитра' (к-25123) (17,5–18,5%), 'Тамыз' (к-25307) (17,0–18,5%), 'Универсал' (к-25137) (17,5–19,5%), 'Чараўник' (к-25139) (19,0–20,6%).

Некоторые выделенные сорта картофеля были оценены по разработанной нами технологии, которая ускоряет селекционный процесс и повышает его результативность. Сорта оценивали по многоступенчатому скринингу в четыре этапа:

1. Выделение сортов с высокими показателями по результатам полевой и лабораторной оценки.
2. Выявление потенциальных возможностей сортов по их родословным с учетом всех сортов и гибридов, использованных при их выведении.
3. Оценка выделенных сортов по потомству от самоопыления.
4. Проверка выделенных образцов по результатам скрещивания.

Таблица 1. Происхождение сортов, выведенных с сортом Зарево
Table 1. Pedigrees of cultivars developed from crosses with cv. 'Zarevo'

Название сорта	№ по каталогу ВИР	Происхождение	Устойчивость к вирусным болезням, балл	Содержание крахмала, %	Продуктивность, балл
Алая заря	25039	Adretta × Зарево	7	15,4–21,0	6
Алена	12145	[(Early Rose × Katahdin) × Камераз] × Зарево	6	14,4–17,0	7
Антонина	24624	Elvira × Зарево	5	16,4–20,6	7
Батя	25006	Crebella × Зарево	5	11,9–15,4	6
Брянский красный	12161	Ресурс × Зарево	6	15,4–19,5	6
Брянский надежный	12160	Пересвет × Зарево	6	16,4–21,7	7
Брянская новинка	11894	Serrana × Зарево	6	22,3	6
Вектор	25200	1977-76 × Зарево	6	17,5–21,1	5
Дзвін	24788	Omega × Зарево	5	20,6	6
Казахстанский	24713	Седов × Зарево	5	14,4–16,4	6
Кузнечанка	25005	Невский × Зарево	7	10,5–15,9	7
Лазарь	12146	Ласунок × Зарево	6	20,1–26,5	6
Малиновка	12056	Бежицкий × Зарево	7	17,7–23,3	6
Милавица	11909	Свитезянка × Зарево	5	19,5–23,3	5
Накра	11916	596m-76 × Зарево	7	18,2–21,9	5
Нальчикский	24728	262/82-3 × Зарево	6	14,4–18,5	7
Памяти Коваленко	24734	Удача × Зарево	6	12,4–15,4	5
Памяти Рогачева	24625	Elvira × Зарево	5	16,4–21,7	5
Принц	12172	Пранса × Зарево	6	9,5–17,5	5
Сапрыкинский	12174	Резерв × Зарево	6	7,4–14,4	6
Сентябрь	12147	(Aquila × Katahdin) × Зарево	6	15,9–19,5	5
Стрелец	12205	Иртыш 6 × Зарево	7	18,5–20,6	6
Теща	25007	Приэльбрусский × Зарево	5	14,4–16,4	5
Фиолетик	24754	Акрсия × Зарево	7	14,9–18,5	5
Фокинский	25133	88.16/20 × Зарево	6	16,4–18,5	5
Хозяюшка	24755	Sante × Зарево	7	14,9–17,7	6
Юбиляр	24627	Elvira Зарево	7	12,4–21,7	5

По этой технологии выделены сорта картофеля с повышенным содержанием крахмала:

– ‘Ceza’ (к-22156, Польша). Позднеспелый. Высокопродуктивный. Содержание крахмала 20,8–24,5%. При выведении этого сорта использован сорт ‘Marijke’ и межвидовые гибриды с повышенным содержанием крахмала. В потомстве сорта ‘Ceza’ – 90% сеянцев с высоким содержанием крахмала. С ним выведен сорт ‘Журавинка’ (Sante × Ceza) с повышенным содержанием крахмала;

– ‘Indira’ (к-22092, Германия). Позднеспелый. Высокопродуктивный. Устойчив к картофельной нематодe (Ro1). Содержание крахмала 18,0–22,0%. При выведении этого сорта использованы виды *S. andigenum* Juz. et Buk. и *S. demissum* Lindl. С использованием этого сорта выведен сорт ‘Merkur’ (Indira × Ausonia) с высоким содержанием крахмала;

– ‘Выток’ (к-11897, Беларусь). Позднеспелый. Высокопродуктивный. Содержание крахмала 18,0–24,3%. При выведении сорта использованы высококрахмалистые сорта ‘Ласунок’ и ‘Комсомолец 20’. В потомстве сорта ‘Выток’ – 70% сеянцев с высоким содержанием крахмала.

– ‘Зарево’ (к-10773, Украина). Среднепоздний. Высокопродуктивный. Содержание крахмала 18,8–24,9%. При выведении сорта использованы высококрахмалистый сорт ‘Бекра’ и межвидовой гибрид (с *S. andigenum* и *S. demissum*). В потомстве сорта ‘Зарево’ 60% сеянцев с высоким содержанием

крахмала. С использованием этого сорта выведены высококрахмалистые сорта: 'Антонина', 'Брянский красный', 'Брянская новинка', 'Дзвін', 'Лазарь', 'Милавица', 'Накра', 'Стрелец' и др. С сортом 'Зарево' выведено более 30 сортов, среди них устойчивые к вирусным болезням, фитофторозу, высокопродуктивные (табл. 1). Эти сорта рекомендуются для включения в признаковую коллекцию для селекции на повышенное содержание крахмала, а также для производственных целей для получения крахмала.

Анализ родословных сортов картофеля дает возможность разработать стратегию поиска нового исходного материала для селекции картофеля на повышенное содержание крахмала. Большое число сортов с высоким содержанием крахмала в потомстве немецкого сорта 'Erste von Fromsdorf'. Этот сорт расположен в пятом цикле скрещиваний старого сорта 'Erste von Nassengrund' (Kostina, 1992). Наличие большого числа высококрахмалистых сортов в потомстве этого сорта объясняется тем, что он выведен с использованием перуанского сеянца культурного вида *S. andigenum*.

Горизонтальная устойчивость к фитофторозу. Одним из приоритетных направлений в селекции картофеля является выведение сортов картофеля, устойчивых к фитофторозу. Вредоносность этого заболевания возрастает с появлением нового типа совместимости A2, в этом случае у паразита кроме вегетативного наблюдается половое размножение. По данным СТАЗР и ВИЗР в Ленинградской области эпифитотии фитофтороза повторяются почти через год. В годы сильных эпифитотий популяция рас фитофтороза была представлена всеми генами вирулентности от R1 до R11 за исключением R9. Выделены сорта слабо поражаемые фитофторозом по листьям (6–8 баллов): 'Аймурат' (к-25248), 'Арал' (к-25107), 'Бастион' (к-25198), 'Беркут' (к-25250), 'Вектор' (к-25200), 'Великан' (к-25201), 'Гасцінец' (к-25264), 'Жолбарыс' (к-25155), 'Звездочка' (к-25209), 'Мусинский' (к-25312), 'Нур-Алем' (к-25253), 'Рапсодия' (к-25130), 'Сеним' (к-25306), 'Сункар' (к-25258), 'Тамыз' (к-25307), 'Удовичкий' (к-25260) и др.

Таблица 2. Характеристика нематодоустойчивых сортов
Table 2. Description of nematode-resistant cultivars

Название сорта	№ по каталогу ВИР	Оригинатор	Продуктивность, балл	Устойчивость к картофельной нематоде	Содержание крахмала, %
Adora	23807	Нидерланды	7	Ro1	11,4–12,0
Agria	19898	Германия	7	Ro1	8,1–15,4
Ania	24063	Польша	7	Ro1	19,9–20,6
Banba	25222	Ирландия	7	Ro1	8,6–11,0
Colleen	25224	Ирландия	7	Ro1	11,5–11,9
Drop	24050	Польша	7	Ro1, Pa3	14,3–18,5
Dunajec	24074	Польша	7	Ro1	24,9–27,1
Fioretta	25194	Германия	7	Ro1	9,5–11,9
Fregata	22164	Польша	5	Ro1	18,1–23,8
Granola	22096	Германия	7	Ro1	11,3–13,5
Juliver	20375	Германия	7	Ro1	14,9–22,7
Latona	11946	Нидерланды	5	Ro1	13,1–13,9
Molli	12186	Германия	7	Ro1	9,5–14,4
Sante	19578	Нидерланды	7	Ro1-4, Pa2	13,0–19,5
Van Gogh	22897	Нидерланды	7	Ro1	15,9–23,8
Алмаз	11892	Россия	7	Ro1	10,3–22,7
Аспия	11995	Россия	7	Ro1	11,5–19,0
Вихола	11270	Украина	7	Ro1	14,3–15,0
Жуковский ранний	11825	Россия	7	Ro1	10,5–13,2
Зорачка	25135	Белоруссия	7	Ro1	11,5–13,4
Скарб	11904	Белоруссия	7	Ro1	12,4–17,0
Сузорье	11992	Белоруссия	7	Ro1	18,5–20,6
Чараўник	25139	Белоруссия	5	Ro1	19,0–20,6

Некоторые ранее выделенные сорта оценены по потомству от самоопыления. Высокий процент сеянцев, устойчивых к фитофторозу в потомстве от самоопыления у сортов: 'Аврора' (к-12188) (62%), 'Астра' (к-10697) (82%), 'Вихола' (к-11270) (62%), 'Журавинка' (к-12106) (56%), 'Наяда' (к-12157) (67%), 'Росинка' (к-11993) (67%), 'Скарб' (к-11904) (77%), 'Bobr' (к-21103) (42%), 'Clarissa' (к-21770) (82%).

Сорта с высокой полевой устойчивостью к вирусным болезням. Из новых поступлений в коллекцию выделены сорта: 'Адиль' (к-25112), 'Азарт' (к-25196), 'Бастион' (к-25198), 'Великан' (к-25201), 'Волат' (к-25263), 'Гасцінец' (к-25264), 'Гейзер' (к-25266), 'Жемчужина' (к-25128), 'Красавчик' (к-25210), 'Максимум' (к-25136), 'Малышок' (к-25189), 'Манифест' (к-25265), 'Надежда' (к-25213), 'Нур-Алем' (к-25253), 'Памяти Лорха' (к-25214), 'Рапсодия' (к-25130), 'Сеним' (к-25306), 'Сиреневый туман' (к-25143), 'Султан' (к-25131), 'Текеc' (к-25173), 'Фаворит' (к-25132), 'Чароит' (к-25221), 'Щедрик' (к-25126) и др.

В результате изучения коллекции нематодоустойчивых сортов выделены сорта, сочетающие *устойчивость к нематодe* с другими хозяйственно ценными признаками: высокой продуктивностью, крахмалистостью, устойчивостью к болезням и др. (табл. 2).

Нематодоустойчивые сорта: 'Adora', 'Banba', 'Colleen', 'Drop', 'Fioretta', 'Latona', 'Molli', 'Алмаз', 'Жуковский ранний', 'Зорачка' являются раннеспелыми. Представленные в таблице зарубежные сорта обладают устойчивостью к вирусу Y. Сорта 'Скарб' и 'Сузорье' устойчивы к вирусу X.

Сорта картофеля, выделенные по устойчивости к болезням и вредителям, рекомендуются для включения в признаковые коллекции.

Заключение

В результате изучения новых поступлений в мировую коллекцию селекционных сортов картофеля выделен исходный материал для пополнения признаковых коллекций на продуктивность, повышенное содержание крахмала, устойчивость к фитофторозу – *Phytophthora infestans*, вирусным болезням и картофельной нематодe – *Globodera rostochiensis* (Ro1). Созданные ранее признаковые коллекции пополнены данными в результате углубленного исследования (многоступенчатый скрининг) по разработанной нами новой технологии – на основе анализа родословных, результатах анализа по потомству от самоопыления и результатах скрещивания.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0018 «Разработка системного подхода к структурированию и формированию ex situ коллекций культурных растений, репрезентативных по видовому, сортовому и генетическому разнообразию, изучение внутривидовой наследственной изменчивости селекционно значимых признаков важнейших сельскохозяйственных культур и формирование признаковых и стержневых коллекций», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР: АААА-А16-116040710373-1.

References/Литература

Budin K. Z., Kameraz A. Ya., Bavyko N. F., Kostina L. I., Morozova E. V., Turuleva L. M. Methodological guidance directory for studying and maintaining VIR collection of potato (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu obraztsov mirovoy kollektsii kartofelya). Leningrad : VIR, 1986, 23 p.

- [in Russian] (Будин К. З., Камераз А. Я., Бавыко Н. Ф., Костина Л. И., Морозова Е. В., Турулева Л. М. Методические указания по изучению и поддержанию образцов мировой коллекции картофеля. Л. : ВИР, 1986. 23 с.).
- Bukasov S., Budin K., Kameras A., Lechnovich V., Kostina L., Bavico N., Korneichuk V., CHSSR – Zadina N., Widner I., Maior M., Baresh I., Odegnal V., Baranek N. International classificator SEV of potato species section *Tuberarium* (Dun.) Buk. *Solanum* L. Leningrad : VIR, 1984, 43 p. [in Russian] (Букасов С., Будин К., Камераз А., Лехнович В., Костина Л., Бавыко Н., Корнейчук В., ЧССР – Задина Н., Виднер И., Майор М., Бареш И., Одегнал В., Баранек Н. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Л. : ВИР, 1984. 43 с.).
- Dergacheva N. V. The initial material to create potato varieties adapted for western Siberia conditions // Potato growing. Moscow, 2017, pp. 118–125 [in Russian] (Дергачева Н. В. Исходный материал для создания сортов картофеля адаптивных для условий Западной Сибири // Картофелеводство. М., 2017. С. 118–125).
- Kiru S. D., Kostina L. I., Truskinov E. V., Zoteeva N. M., Rogosina E. V., Koroleva L. V., Fomina V. E., Palecha S. V., Kosareva O. S., Kirilov D. A. Methodological guidance directory for studing and maintaining VIR collection of potato (Metodicheskiye ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoy kollektsii kartofelya). St. Petersburg : VIR, 2010, 27 p. [in Russian] (Киру С. Д., Костина Л. И., Трускинов Э. В., Зотеева Н. М., Рогозина Е. В., Королева Л. В., Фомина В. Е., Палеха С. В., Косарева О. С., Кирилов Д. А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. СПб. : ВИР, 2010. 27 с.).
- Kostina L. I. Parentage of potato varieties // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding. 1982, vol. 73, iss. 2, pp. 22–27 [in Russian] (Костина Л. И. Родословная сортов картофеля // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1982. Т. 73, вып. 2. С. 22–27).
- Kostina L. I. Pedigree of native potato varieties (Methodological guidance) (Vydeleniye iskhodnogo materiala dlya selektsii kartofelya na osnove genealogii (Metodicheskoye ukazaniye)). St. Petersburg : VIR, 1992, 104 p. [in Russian] (Костина Л. И. Выделение исходного материала для селекции картофеля на основе генеалогии (Методическое указание). СПб. : ВИР, 1992. 104 с.).
- Kostina L. I., Koroleva L. V., Kosareva O. S., Fomina V. E. Potato varieties of Russia and SNG // Catalogue of world VIR collection (Selektsionnyye sorta kartofelya i stran SNG). St. Petersburg : VIR, 2016, iss. 829, 43 p. [in Russian] (Костина Л. И., Королева Л. В., Косарева О. С., Фомина В. Е. Селекционные сорта картофеля и стран СНГ // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб. : ВИР, 2016. Вып. 829. 43 с.).
- Kostina L. I., Kosareva O. S. Parentage of potato varieties from Russia (Genealogiya otechestvennykh sortov kartofelya). St. Petersburg : VIR, 2017, 72 p. [in Russian] (Костина Л. И., Косарева О. С. Генеалогия отечественных сортов картофеля. СПб. : ВИР, 2017. 72 с.).
- Kostina L. I., Zholudeva Z. P. Potato varieties // In: Flora of cultivated plants. Leningrad : VIR, 1971, vol. 9, pp 305–383 [in Russian] (Костина Л. И., Жолудева З. П. Селекционные сорта картофеля // В кн. : Культурная флора СССР. Л. : ВИР, 1971. Т. 9. С. 305–383).
- Shinkarev V. I. Methodological guidance directory for studying the technological properties of potatoes (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu tekhnologicheskikh svoystv kartofelya). Leningrad, 1988, 133 p. [in Russian] (Шинкарев В. И. Методические указания по изучению технологических свойств картофеля. Л., 1988. 133 с.).

УДК 633.31: 631.527

**Н. Ю. Малышева¹,
Н. Л. Исаева²,
Е. А. Губанова²,
Л. Л. Малышев¹**

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

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, филиал Екатеринбургская опытная станция ВИР, Тамбовская обл., Никифоровский р-н, с. Екатериново,

Ключевые слова:

турецкая люцерна, образец, продуктивность, Тамбовская область.

Поступление:

14.09.2018

Принято:

10.12.2018

**ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МАЛОАЗИЙСКИХ
ОБРАЗЦОВ *MEDICAGO SATIVA* L.**

Актуальность. Одна из основных задач современной селекции – создание многоукосных высокоурожайных сортов кормовых культур интенсивного типа для стойлового животноводства. Люцерне как урожайной и высокобелковой культуре уделяется особое место. Предложение нового селекционного материала дает возможность селекционерам увеличить сортовое разнообразие люцерны. **Объект.** В настоящее время изучение было привлечено 65 местных сортов и дикорастущих образцов люцерны посевной из Турции, находящихся в коллекции ВИР. **Материал и методы.** Место изучения – Екатеринбургская опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР). Оценка коллекции люцерны проводилась в 2015–2017 гг. согласно методике по изучению кормовых культур ВИР по признакам урожайности зеленой массы, семенной продуктивности и облиственности. В качестве стандарта использован сорт ‘Марусинская 425’. **Результаты и выводы.** В 2015 г. четыре образца выделились как по урожаю зеленой массы, так и по семенной продуктивности: местные сорта к-3373, к-3378 из провинции Конья, к-5992 из провинции Ыспарта и к-6116 из провинции Сивас. В 2016 г. по урожаю зеленой массы превзошли стандарт три образца. Три образца выделились по семенной продуктивности. По облиственности превзошли стандарт 8 образцов. В 2017 г. по урожаю зеленой массы достоверно превзошел стандарт всего один образец – к-6009 (провинция Кайсери). По урожаю семян выделились 9 образцов. Максимальная семенная продуктивность наблюдалась у образца к-3379 (провинция Конья). Показатель облиственности достоверно превышал стандарт у 15 образцов. В среднем за три года по урожаю зеленой массы ни один образец достоверно не превзошел стандарт. Четыре образца превосходили стандартный сорт по семенной продуктивности. По облиственности в среднем за три года выделились 11 образцов. В целом за три года изучения по показателям зеленой массы и семенной продуктивности выделились образцы к-3373, к-3378, к-3379 (провинция Конья). Высокой семенной продуктивностью и облиственностью при удовлетворительном урожае зеленой массы отличался образец к-5992 (провинция Ыспарта). Образец к-6009 (провинция Кайсери) значительно превышал стандарт по урожаю зеленой массы, но имел низкую семенную продуктивность и облиственность. Выделившиеся местные образцы имеют местом происхождения Центральную Анатолию с континентальным климатом. Образцы представляют собой ценный селекционный материал с достойными хозяйственно ценными признаками. Люцерну из Малой Азии можно рекомендовать для вовлечения в селекционный процесс для создания новых продуктивных сортов интенсивного типа.

**N. Yu. Malysheva¹,
N. L. Isaeva²,
E. A. Gubanova²,
L. L. Malyshev¹**

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

² Yekaterinino Experiment Station, branch
of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of
Plant Genetic Resources (VIR),
Nikiforovsky District, Tambov Province,
Russian Federation;
e-mail: ekosvir@yandex.ru

Key words:

Turkish alfalfa, accession,
productivity, Tambov Province

Received:

14.09.2018

Accepted:

10.12.2018

EVALUATION OF COMMERCIAL TRAITS IN THE ACCESSIONS OF *MEDICAGO SATIVA* L. FROM ASIA MINOR

Background. One of the main tasks of the present-day breeding practice is the development of high-yielding intensive-type fodder crop cultivars for indoor feeding of livestock. Alfalfa, as a productive and high-protein crop, deserves special attention. An offer of new breeding sources would enable breeders to broaden the diversity of alfalfa cultivars. **Objective.** The present study involved 65 local varieties and wild accessions of alfalfa from Turkey preserved in the VIR collection. **Material and methods.** Yekaterinino Experiment Station of VIR (Tambov Province) was chosen as the research site. Evaluation of the alfalfa collection was carried out in 2015–2017, using the methods developed at VIR for fodder crop research targeted at such traits as green biomass yield, seed productivity, and leafiness. The cultivar ‘Marusinskaya 425’ was used as the reference. **Results and conclusions.** In 2015, four accessions were identified as promising for their green matter yield and seed productivity: local varieties k-3373 and k-3378 from Konya Province, k-5992 from Isparta Province, and k-6116 from Sivas Province. In 2016, three accessions exceeded the reference in the yield of green matter, and three accessions had higher seed productivity. Eight accessions surpassed the reference in leafiness. In 2017, only one accession, k-6009 (Kayseri Province), significantly exceeded the reference in green matter yield. Nine accessions were selected for their high seed yield. The maximum seed productivity was observed in the accession k-3379 (Konya). Leafiness was notably higher than the reference’s in 15 accessions. The average for three years shows that none of the accessions credibly surpassed the reference in green matter yield. Four accessions had higher seed productivity than the reference. According to the three-year average, 11 accessions exceeded the reference in leafiness. All in all, in the three years of study, the accessions k-3373, k-3378 and k-3379 (Konya) were selected for high green matter yield and seed productivity. High seed productivity and leafiness, with satisfactory green matter yield, were registered in the accession k-5992 (Isparta). The accession k-6009 (Kayseri) significantly exceeded the reference in green matter yield, but demonstrated low seed productivity and poor leafiness. The place of origin for the identified local accessions had been Central Anatolia, with its continental climate. These accessions are valuable breeding sources with noteworthy commercial traits. Alfalfa from Asia Minor can be recommended for use in breeding practice, targeted at the development of new high-yielding intensive-type cultivars.

Введение

Целью данной работы являлась хозяйственная оценка исходного материала из Турции – анатолийских люцерн – в условиях Центрально-Черноземного региона Российской Федерации. Изученная группа турецких образцов люцерны, согласно диагнозу Синской, относится к малоазиатскому (анатолийскому) подвиду люцерны посевной (*Medicago sativa* subsp. *anatolica* Sinsk., syn. *Medicago orientalis* Vassilcz.) (Sinskaya, 1950). П. А. Лубенец выделил анатолийские люцерны в группу анатолийских, или малоазиатских сортоформ люцерны посевной (Lubenetz, 1972). В соответствии с диагнозом малоазиатские люцерны характеризуются глубокой зоной кущения (3–5 см ниже уровня почвы), вертикальными высокорослыми (70–150 см) слабоветвящимися полыми и толстыми стеблями (4–4,5 мм в диаметре), длинными междоузлиями (6–8 см), слабой облиственностью, длинной рыхлой цветочной кистью (10–15 см), крупными листочками, цветками, бобами (4–5 мм в диаметре) и семенами (вес 1000 семян достигает 2,5 г) (Bordakov, 1932; Sinskaya, 1950). Агробиологическая характеристика анатолийских люцерн следующая: высокая зимостойкость, долговечность, слабое весеннее отрастание и интенсивное отрастание после укосов, нежность зеленой массы (несмотря на толстые стебли), средняя позднеспелость, устойчивость к грибным заболеваниям, чувствительность к длине дня (Bordakov, 1932; Sinskaya, 1950). Л. П. Бордаков (Bordakov, 1933) называл склонностью к гигантизму свойство анатолийской люцерны к формированию крупных вегетативных и генеративных органов. Многократно регистрировались случаи многолисточковости (полифиллии): от 4 до 7 листочков. Глубокое расположение зоны кущения дает высокую устойчивость к вытаптыванию на пастбищах (Bordakov, 1932).

Малоазиатская люцерна широко возделывалась в СССР, превосходя по хозяйственно ценным признакам местные сорта на европейской и азиатской части страны (Zhukovskiy, 1933). Невысокая семенная продуктивность явилась причиной отказа от дальнейшего использования турецкой люцерны в производстве (Sinskaya, 1950). Однако Л. П. Бордаков относил ее к среднеурожайным люцернам, поскольку растениям анатолийской люцерны требуется большая площадь питания в связи с ее крупными размерами по сравнению с другой люцерной; она плохо растет в густых посевах. При выращивании квадратно-гнездовым способом анатолийская люцерна проявляла все свои наилучшие качества, в том числе и хорошую семенную продуктивность (Bordakov, 1933).

Основная часть образцов малоазиатской люцерны из коллекции ВИР была собрана экспедицией П. М. Жуковского в разных провинциях (вилайетах) Турции в 1925–1927 годах.

В Западной Анатолии сборы семян люцерны проводились в провинциях Измир, Маниса, Денизли и Афьон (ныне Афьонкарахисар). Климат Измира зависит от влияния Эгейского моря и характеризуется дождливой теплой зимой и знойным сухим летом. В удаленных от побережья провинциях лето более жаркое, а зима более прохладная.

Горы ограничивают влияние Средиземного моря, и Центральная Анатолия характеризуется континентальным климатом с холодной снежной зимой и жарким сухим летом. Это провинции Эскишехир, Анкара, Сивас, Ыспарта (ранее Спарта), Конья, Кайсери. Центральная часть (Эскишехир, Анкара, Сивас) – область нагорных степей с длительной, холодной зимой. Летние перепады температур от +40°С днем до +10°С ночью. Ыспарта располагается на плодородных равнинах. В провинции Сивас климат суровее, чем в Анкаре и Эскишехире. В этой провинции животноводство – основная отрасль сельского хозяйства; большая часть земель

используется в качестве пастбищ. На плодородных вулканических почвах Кайсери занимались коммерческим семеноводством люцерны, как отмечал П. М. Жуковский. Оазис Конья расположен вблизи озер, которые оказывают смягчающее влияние на местный климат (Zhukovskiy, 1933).

В Восточной Анатолии климат еще более суров по сравнению с центральной частью. Земледелием занимаются в долинах с более мягким климатом, на равнинах в основном представлено животноводство. Провинции Ван и Битлис расположены вокруг озера Ван, окружены горами и имеют относительно мягкий климат. В этой части Турции дикорастущая люцерна представлена исключительно многообразными формами (Zhukovskiy, 1933).

Материал и методика

Изучение проводили на Екатерининской опытной станции (ЕОС) – филиале ВИР, расположенной в Никифоровском районе Тамбовской области. В изучении находилось 65 образцов малоазийской люцерны из коллекции ВИР; 56 из них собрали в экспедиции П. М. Жуковского в тринадцать провинциях Турции в 1925–1927 годах (табл. 1). Большинство образцов экспедиции П. М. Жуковского представлено местными сортами и только 5 – дикорастущими образцами.

Таблица 1. Географическое происхождение образцов люцерны из Турции (филиал Екатерининская опытная станция ВИР, 2015–2017 гг.)
Table 1. Geographic origin of the alfalfa accessions from Turkey (Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2015–2017)

Провинция	Регион	Число образцов
Анкара	Центральная Анатолия	1
Афьонкарахисар	Эгейский	2
Битлис	Восточная Анатолия	1
Ван	Восточная Анатолия	2
Денизли	Эгейский	2
Измир	Эгейский	5
Кайсери	Центральная Анатолия	12
Конья	Центральная Анатолия	15
Маниса	Эгейский	1
Сивас	Центральная Анатолия	12
Ыспарта	Центральная Анатолия	6
Эрзерум	Восточная Анатолия	2
Эскишехир	Центральная Анатолия	4
Всего		65

Посев образцов люцерны был проведен в 2015 г. Изучение продолжалось в течение трех лет (2015–2017 гг.). Опыт был заложен по методике ВИР (Ivanov et al., 1985). Образцы изучали в двух повторностях: на зеленую массу и на семена. Как стандарт для сравнения был принят сорт ‘Марусинская 425’ (*Medicago* × *varia* Martyn), районированный в Центрально-Черноземной зоне. Изучение коллекции люцерны проводили по признакам урожайности зеленой массы, семенной продуктивности и облиственности.

Математическая обработка данных производилась с использованием пакета Statistica 7.0. Для статической обработки был использован дисперсионный анализ с оценкой существенности отличий значения признака от стандарта ‘Марусинская 425’.

Метеорологические условия.

В течение трех лет изучения коллекции люцерны температурный режим заметно отличался от средних многолетних показаний (рис. 1). В марте и апреле во все годы изучения средняя температура воздуха была выше средней многолетней на 1–5 градусов; то же явление наблюдалось в мае-июле и сентябре 2015 и 2016 гг. и в августе 2016 и 2017. Таким образом, вегетация люцерны проходила при более высокой температуре по сравнению со средней многолетней по данным, собранным на Екатеринбургской опытной станции.

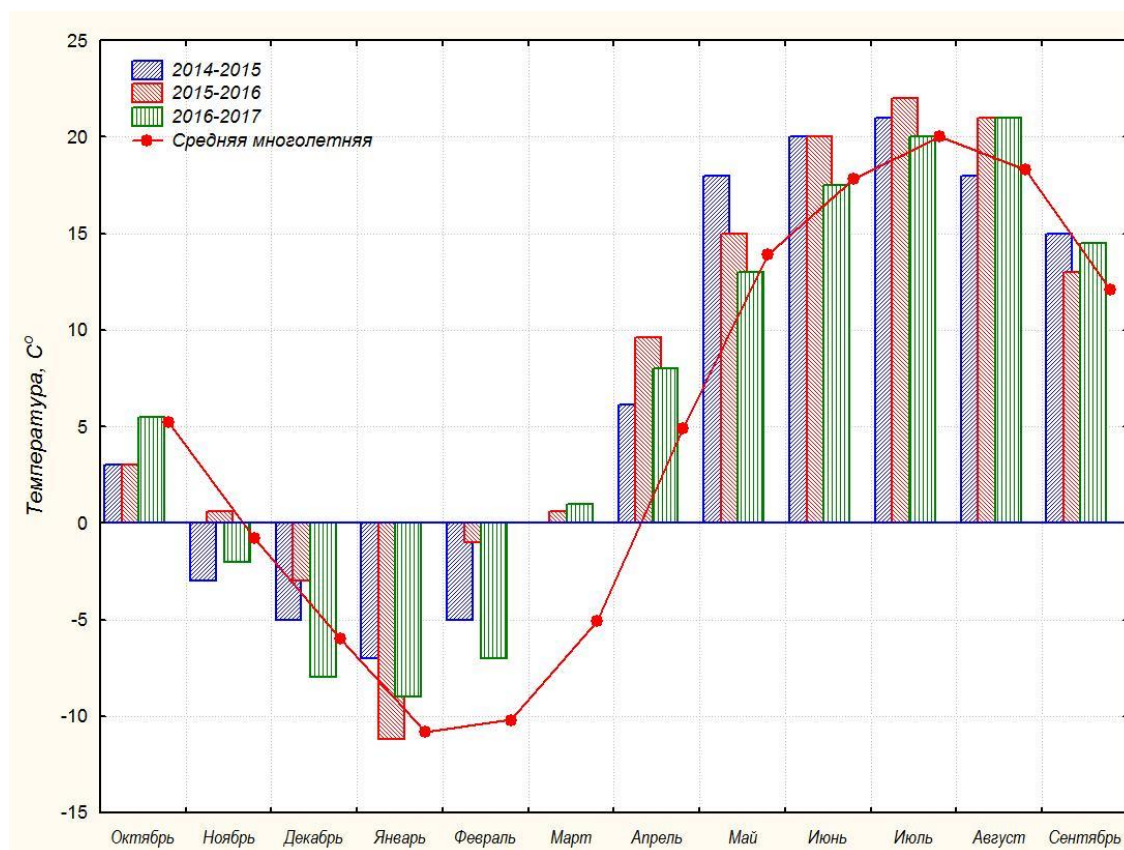


Рис 1. Среднемесячная температура воздуха в годы изучения (филиал Екатеринбургская опытная станция ВИР, 2015–2017 гг.)

Fig. 1. Mean monthly temperatures in the years of study (Yekaterinino Experiment Research Station of VIR, 2015–2017)

Количество выпавших осадков за годы изучения превосходило среднее многолетнее значение по месяцам (рис. 2). В апреле 2015 и 2016 гг. превышение составило 100–200%, в мае 2016 года более 100%, в июне и июле 2015 более 200% и 100% соответственно. В 2017 году в период вегетации люцерны количество осадков по месяцам превысило среднее многолетнее значение. В целом можно считать, что в годы изучения люцерны была в избытке обеспечена влагой.

Особо следует отметить переход от осени к зиме и начало зимы в 2015 году, который характеризовался резкими перепадами температур от положительных до низких отрицательных при отсутствии снега: температура воздуха в этот период опускалась ниже -20°C .

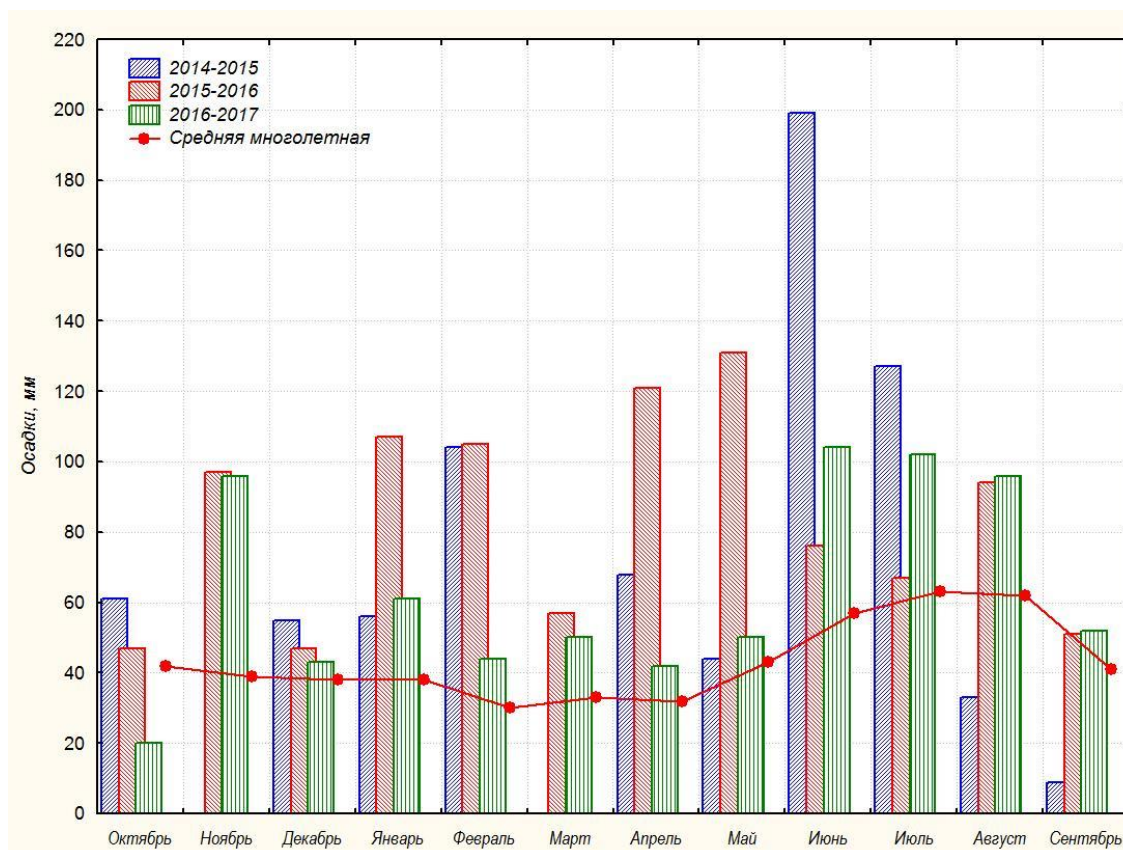


Рис. 2. Месячная сумма осадков в годы изучения (филиал Екатерининская ОС ВИР, 2015–2017 гг.)

Fig. 2. Mean monthly rainfall in the years of study (Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2015–2017)

Результаты и обсуждение

1. Продуктивность стандарта 'Марусинская 425' по годам изучения

Урожай зеленой массы. Урожай зеленой массы стандарта достоверно различался по годам исследования (критерий Фишера $F = 42,54$, при доверительной вероятности $p = 0,001$). Максимальный урожай приходится на 2016 г. ($4,53 \pm 0,26$ кг/м²), минимальный – на 2015 г. ($1,56 \pm 0,04$ кг/м²).

Урожай семян. Различия по годам исследования по данному показателю также достоверны ($F = 9,79$, $p = 0,001$). При этом максимальный урожай семян был в 2015 г. ($15,59 \pm 1,07$ г/м²), а минимальный – в 2016 г. ($7,53 \pm 1,42$ г/м²).

Облиственность. Достоверных различий по этому признаку по годам изучения не наблюдалось. Максимальная облиственность ($40,7 \pm 4,2\%$) была в 2017 г., минимальная ($33,6 \pm 2,6\%$) – в 2016 г.

2. Оценка образцов коллекции по признакам продуктивности

В 2015 г. по урожаю зеленой массы достоверно превосходили стандарт 'Марусинская 425' 20 образцов (наименьшая существенная разница при доверительной вероятности $p = 0,05$, НСР_{0,05} = 0,11 кг/м²). Наиболее высокий урожай был у местного сорта к-3367 (провинция Маниса) – 3,6 кг/м². По семенной продуктивности стандарт превосходили 10 образцов (НСР_{0,05} = 2,62 г/м²). Высокой семенной продуктивностью отличался сорт к-3373 – 22,0 г/м² (провинция Конья). По облиственности выделились восемь образцов (НСР_{0,05} = 4,6%). Очень высокой облиственностью отличался местный сорт к-3387 (провинция Конья),

превзошедший стандарт на 52%. Четыре образца выделились как по урожаю зеленой массы, так и по семенной продуктивности. Это местные сорта к-3373, к-3378 из провинции Конья и к-5992 из провинции Ыспарта, а также дикорастущий образец к-6116 из провинции Сивас.

В 2016 г. по урожаю зеленой массы превосходили стандарт три образца ($HCP_{0,05} = 0,57$ кг/м²). Самый высокий урожай – у местного сорта к-3385 – 5,7 кг/м² (провинция Конья). Три образца выделились по семенной продуктивности ($HCP_{0,05} = 3,47$ г/м²). Наибольший урожай семян был, как и в 2015 году, у сорта к-3373 (15,7 г/м²). По облиственности превосходили стандарт 8 образцов ($HCP_{0,05} = 6,3$ %). Самая высокая облиственность наблюдалась у местного сорта к-6013 – 51% (провинция Сивас). Образцов, которые бы выделились одновременно по семенной продуктивности и зеленой массе, не выявлено.

В 2017 г. по урожаю зеленой массы достоверно превосшел стандарт всего один сорт – к-6009 из провинции Кайсери (3,7 кг/м², $HCP_{0,05} = 0,98$). По урожаю семян выделились 9 образцов ($HCP_{0,05} = 3,96$ г/м²). Максимальная семенная продуктивность наблюдалась у сорта к-3379 – 25,0 г/м² (провинция Конья). Облиственность достоверно превышала стандарт у 15 образцов ($HCP_{0,05} = 10,7\%$). Самой высокой облиственностью отличался местный сорт к-19886 из провинции Конья – 65 % (см. рис. 3).

Местный сорт к-5992 из провинции Ыспарта показал высокую семенную продуктивность, также как образцы из Коньи.

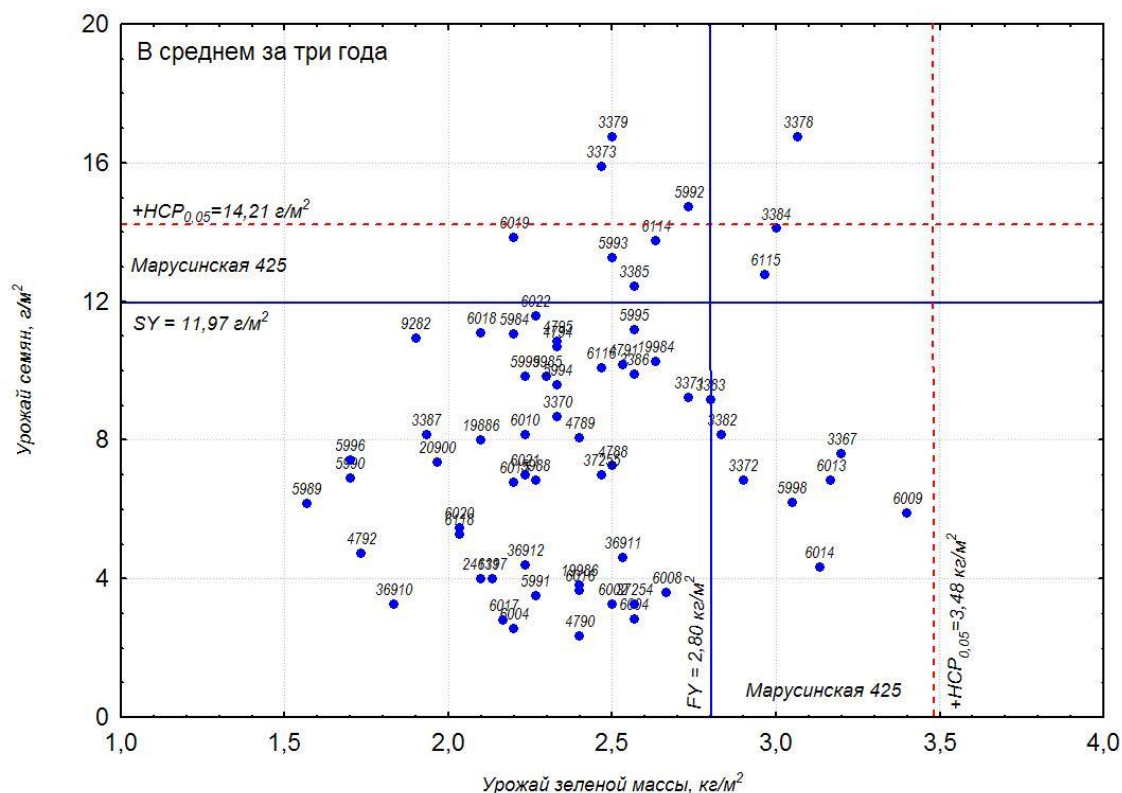


Рис. 3. Распределение изученных образцов люцерны посевной (*Medicago sativa* L.) по урожаю зеленой массы и семенной продуктивности (вертикальные и горизонтальные линии на графике соответствуют среднему по стандарту 'Марусинская 425' и верхней границе доверительного интервала среднего)
Fig. 3. Distribution of the studied alfalfa (*Medicago sativa* L.) accessions according to their green matter yield and seed productivity (vertical and horizontal lines on the chart correspond to the mean values for the reference 'Marusinskaya 425' and the upper limit of the confidence interval for the mean)

В среднем за три года по урожаю зеленой массы ни один образец коллекции достоверно не превзошел стандарт ($НСП_{0,05} = 0,68 \text{ кг/м}^2$). Четыре местных сорта превосходили стандартный сорт по семенной продуктивности ($НСП_{0,05} = 2,24 \text{ г/м}^2$): к-3378 и к-3379 по 16,7, к-3373 – 15,9 из провинции Конья и к-5992 из провинции Ыспарта – 14,7 г/м^2 (рис. 3). По облиственности в среднем за три года выделились 11 образцов ($НСП_{0,05} = 4,1\%$). Максимальная облиственность у местных сортов к-6016 из провинции Сивас – 44,7% и к-36911 из провинции Эскишехир – 44,3%.

В целом за три года изучения по показателям зеленой массы и семенной продуктивности выделились сорта к-3373, к-3378, к-3379 из провинции Конья. Высокой семенной продуктивностью и облиственностью при удовлетворительном урожае зеленой массы отличался сорт к-5992 из провинции Ыспарта. Сорт к-6009 (провинция Кайсери) значительно превышал стандарт по урожаю зеленой массы, но имел низкую семенную продуктивность и облиственность (табл. 2). По урожаю зеленой массы и семенной продуктивности за годы изучения выделился местный сорт к-3378 из провинции Конья.

Таблица 2. Образцы люцерны посевной (*Medicago sativa* L.), выделившиеся по урожаю зеленой массы, семян и облиственности

(филиал Екатерининская ОС ВИР; среднее за 2015–2017 гг.)

Table 2. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) accessions identified for their green matter and seed yields and for their leafiness (Yekaterinino Experiment Station of VIR; average for 2015–2017)

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Урожай зеленой массы		Урожай семян		Облиственность	
		кг/м ²	% к стандарту	г/м ²	% к стандарту	%	% к стандарту
к-9766	Марусинская 425	2,80		11,97		36,6	
к-3373	Конья	2,47	88,2	15,90	132,8	35,3	96,4
к-3378	Конья	3,07	109,6	16,73	139,8	37,3	101,9
к-3379	Конья	2,50	89,2	16,73	139,8	44,0	120,2
к-5992	Ыспарта	2,73	97,5	14,73	123,1	39,7	108,5
к-6009	Кайсери	3,40	121,4	5,90	49,3	31,7	86,6
НСП _{0,05}		0,68		2,24		3,5	

Выделившиеся местные сорта происходят из Центральной Анатолии, отличающейся континентальным климатом. Образцы из западной части по изученным показателям себя не проявили. Также не выделились дикорастущие образцы люцерны посевной из Восточной Анатолии.

Одна из отрицательных черт люцерны из Малой Азии – чувствительность к недостатку влаги. На территории Турции люцерну выращивают на орошении или в долинах рек с достаточным увлажнением. Недостаток влаги при засухе приводит к потере семенной продуктивности анатолийской люцерны. Она уменьшалась в 8 раз по сравнению с годами с достаточным увлажнением. (Lubenets, 1953). За годы изучения на Екатерининской опытной станции обилие осадков положительным образом сказалось на семенной продуктивности. Кроме того, анатолийскую люцерну описывают как малопродуктивную не только по сбору семян, но и как низко облиственную. В настоящем изучении один из образцов (к-6009), проявивших себя высоким урожаем зеленой массы, был собран в провинции Кайсери, где семеноводство люцерны в годы сбора семян экспедицией П. М. Жуковского было поставлено на коммерческую основу. Образец из провинции Ыспарта (к-5992) выделился по показателю облиственности и высокой семенной продуктивностью. Люцерне из этой провинции было уделено особое внимание: «Исключительно интересна люцерна из вилайета Спарта» (Zhukovskiy, 1933, p. 111).

Бесснежный период ноября – первой декады декабря 2015 г. с перепадами температуры воздуха от положительных до низких отрицательных не привел

к гибели растений, поэтому все исследованные образцы люцерны как из холодных континентальных областей Малой Азии, так и из теплых, находящихся под влиянием Эгейского моря, можно считать морозостойкими.

Люцерна малоазийского происхождения представляет собой ценный селекционный материал благодаря своим морфологическим и агробиологическим особенностям. Это разнородная по своим адаптивным особенностям группа, что обусловлено местностью происхождения.

Избыточное увлажнение и более высокая температура воздуха в 2015–2017 годах на Екатерининской опытной станции, расположенной в Центрально-Черноземной зоне, относительно средних многолетних значений положительным образом повлияли на изученные хозяйственно ценные признаки: семенную продуктивность, урожайность зеленой массы и облиственность.

За три года изучения один местный сорт превзошел стандартный сорт 'Марусинская 425' только по урожаю зеленой массы (местный сорт к-6009 из провинции Кайсери); четыре превзошли стандарт по семенной продуктивности (местные сорта к-3373, к-3378, к-3379 из провинции Конья и к-5992 из провинции Ыспарта); сорт к-3379 из этого перечня выделился также по показателю облиственности.

Выводы

Со времени проведения экспедиции в Турцию и сбора семян анатолийские образцы из коллекции ВИР за 90 лет не потеряли свои особенности при пересевах, проводимых для сохранения и поддержания всхожести. Вопреки существующему мнению, они представляют собой селекционный материал с достойными хозяйственно ценными признаками. Люцерну из Малой Азии, привлеченную в коллекцию ВИР в 1926–1927 гг., можно рекомендовать для создания новых сортов интенсивного типа.

References/Литература

- Bordakov L. P.* Alfalfa of Turkey (according to the materials of the expedition of prof. P. M. Zhukovskiy) / *Zhukovskiy P. M.* Agricultural Turkey (Asian part – Anatolia). Moscow ; Leningrad : Selkhozgiz, 1933, vol. XXVII, pp. 411–423 [in Russian] (*Бордаков Л. П.* Люцерна Турции (по материалам экспедиции проф. П. М. Жуковского) / *Жуковский П. М.* Земледельческая Турция (Азиатская часть – Анатолия). М. ; Л. : Сельхозгиз. 1933. Т. XXVII. С. 411–423).
- Bordakov L. P.* Alfalfa of Turkey / Beans, vetch and alfalfa of Turkey. Leningrad : VASHNIL. Institute of Plant Industry NKZ USSR, 1932, pp. 35–41 [in Russian] (*Бордаков Л. П.* Люцерна Турции / Бобы, вики и люцерны Турции. Л. : Изд. ВАСХНИЛ ин-та раст-ва НКЗ СССР, 1932. С. 35–41).
- Ivanov A. I., Bukhteeva A. V., Shutova Z. P., Tihomirova I. A., Soskov Yu. D., Sinyakov A. A., Bazilev E. Ya.* The study of collection of the perennial forage crops / *Metodicheskie ukazaniya*. Leningrad : VIR. 1985. 48 p. [in Russian] (*Иванов А. И., Бухтеева А. В., Шутова З. П., Тихомирова И. А., Сосков Ю. Д., Синяков А. А., Базылев Э. Я.* Изучение коллекции многолетних кормовых растений / Методические указания. Л : ВИР. 1985. 48 с.).
- Zhukovskiy P. M.* Agricultural Turkey (Asian part – Anatolia). Vol. XXVII. Moscow ; Leningrad : Selkhozgiz, 1933, 908 p. [in Russian] (*Жуковский П. М.* Земледельческая Турция (Азиатская часть – Анатолия). Т. XXVII. М. ; Л. : Сельхозгиз, 1933. 908 с.).
- Lubenets P. A.* Species composition and selection evaluation of cultural and wild alfalfa // *Bulletin of applied botany, genetics and plant-breeding*. 1953, vol. 30, iss. 2, pp. 3–155 [in Russian] (*Лубенец П. А.* Видовой состав и селекционная оценка культурных и дикорастущих люцерн // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1953. Т. 30, вып. 2. С. 3–155).
- Lubenets P. A.* Alfalfa – *Medicago* L. (Brief overview of the genus and classification of the subgenus *Falcago* (Rchb.) Grossh.) // *Bulletin of applied botany, genetics and plant-breeding*. 1972, vol. 47, iss. 3, pp. 3–68 [in Russian] (*Лубенец П. А.* Люцерна – *Medicago* (Краткий обзор рода и классификация подрода *Falcago* (Rchb.) Grossh.) // Тр. По прикладной ботанике, генетике и селекции. 1972. Т. 47, вып. 3. С. 3–68).
- Sinskaya E. N.* Alfalfa – *Medicago* L. // In : *Cultural flora of the USSR. Perennial legumes*. Vol. 13. Leningrad: Selkhozgiz. 1950, pp. 7–217 [in Russian] (*Синская Е. Н.* Люцерна – *Medicago* L. // В кн. : Культурная флора СССР. Многолетние бобовые травы. Т. 13. Л. : Сельхозгиз, 1950. С. 7–217).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-91-103

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 575.11:577.21:633.854

**И. Н. Анисимова¹,
Н. В. Алпатьева¹,
С. В. Горюнова^{2,4},
Д. В. Горюнов^{3,4},
Ал. В. Конарев⁵,
В. А. Гаврилова¹,
Е. Е. Радченко¹**

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

²Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки Институт
общей генетики им. Н. И. Вавилова
Российской академии наук, 119991,
Россия, Москва, ул. Губкина, д. 3,
e-mail: orang2@yandex.ru

³Научно-исследовательский институт
физико-химической биологии имени
А. Н. Белозерского Московского
государственного университета имени
М. В. Ломоносова, 119992, Россия,
Москва, Ленинские горы, д. 1,
e-mail: s.apocarpum@gmail.com

⁴Автономная некоммерческая
образовательная организация высшего
профессионального образования
«Сколковский институт науки и
технологий», 121205, Россия, Москва,
ул. Нобеля, д. 3

⁵Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-
исследовательский институт защиты
растений, 196608, Россия,
Санкт-Петербург, Пушкин,
шоссе Подбельского, д. 3,
e-mail: al_konarev@hotmail.com

Ключевые слова:

подсолнечник, 2S альбумины,
богатый метионином белок SFA8,
ген, полиморфизм, нуклеотидная и
аминокислотная
последовательности, интрон,
структура

Поступление:

28.11.2018

Принято:

10.12.2018

СТРУКТУРНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНА БОГАТОГО МЕТИОНИНОМ АЛЬБУМИНА SFA8 ПОДСОЛНЕЧНИКА

Актуальность. 2S альбумины семян подсолнечника и других масличных растений обладают высокой питательной ценностью, защитной активностью против возбудителей грибных болезней, а также ценными функциональными свойствами. Главный компонент альбуминовой фракции – белок SFA8 содержит 103 аминокислотных остатка, из которых 15 приходится на долю метионина – незаменимой аминокислоты. Структурный ген SFA8 представлен в генофонде однолетнего культурного подсолнечника двумя аллелями, продукты которых имеют различные изоэлектрические точки и отличаются по электрофоретической подвижности, однако молекулярные механизмы полиморфизма неизвестны. **Результаты.** Секвенированы последовательности амплифицированных фрагментов гена SFA8 семи образцов *Helianthus annuus* L. и трех образцов диких видов рода *Helianthus* L. из коллекции ВИР. Впервые установлено, что в центральной части гена SFA8 находится интрон, длина которого у разных генотипов варьирует от 258 до 303 пн. Длина первого экзона составляет 99 пн., длина второго – 210 пн. Нуклеотидные и транслированные аминокислотные последовательности полиморфны у различных генотипов. Линия ВИР130, у которой ранее обнаружены два экспрессирующихся варианта белка – нормальный с изоэлектрической точкой (pI) 6,0 («дикий тип») и его аллельный вариант с pI 6,5 («вариантный белок») – имеет два варианта кодирующей последовательности. В одной из них присутствует замена 108С→G, приводящая к замене полярной незаряженной аминокислоты серина на положительно заряженный аргинин и, соответственно, изменению заряда белка и его изоэлектрической точки. Последовательность интрона также полиморфна и характеризуется наличием инделей длиной около 45 пн. У всех образцов последовательности интрона содержат динуклеотиды GT на 5' и AG на 3' конце, характерные для консенсусных последовательностей сайтов сплайсинга интронов U2-типа. Варианты вторичной структуры последовательностей интрона SFA8 *H. argophyllus* Torr. & A.Gray и всех проанализированных генотипов *H. annuus* сходны между собой, но отличаются от вариантов *H. petiolaris* Nutt. и *H. giganteus* L. **Выводы.** Полученные данные о полиморфизме последовательностей гена SFA8 важны для объяснения молекулярных механизмов генотипических различий биохимических и функциональных свойств кодируемого белка, а выявленные различия вторичной структуры интрона – для понимания особенностей экспрессии этого белка.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-91-103

ORIGINAL ARTICLE

I. N. Anisimova¹,
N. V. Alpatieva¹,
S. V. Goryunova^{2,4},
D. V. Goryunov^{3,4},
Al. V. Konarev⁵,
V. A. Gavrilova¹,
E. E. Radchenko¹

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

²Vavilov Institute of General Genetics
Russian Academy of Sciences,
3 Gubkina str., Moscow, 119333, Russia
e-mail: orang2@yandex.ru

³A. N. Belozersky Institute of Physico-
Chemical Biology MSU, 1 Leninskie gory,
building 40, Moscow, 119992, Russia
e-mail: s.apocarpum@gmail.com

⁴Skolkovo Institute of Science and
Technology, 3 Nobelya str., Moscow,
121205, Russia

⁵All-Russian Institute of Plant Protection,
3 Podbelskogo schosse, St. Petersburg –
Pushkin, 196608, Russia
e-mail: al_konarev@hotmail.com

Key words:

sunflower, 2S albumins, methionine-
rich protein SFA8, gene,
polymorphism, nucleotide and amino
acid sequences, intron, structure

Received:

28.11.2018

Accepted:

10.12.2018

STRUCTURAL VARIABILITY OF SUNFLOWER GENE FOR METHIONINE-RICH ALBUMIN SFA8

Background. The 2S albumins of sunflower and other oilseed plants possess a high nutritional quality, the defense activity against fungi diseases casual agents and also valuable functional properties. The major component of albumin fraction, the SFA8 protein consists of 103 amino acid residues among which methionine constitutes 15 Mole %. In the cultivated sunflower gene pool the SFA8 structural gene is represented by the two alleles the products of which have different isoelectric points and differ by the electrophoretic mobility, however molecular mechanisms of the polymorphism are still unknown. **Results.** The amplified sequences of the SFA8 gene from seven *Helianthus annuus* L. accessions and three accessions of wild *Helianthus* L. species from VIR collection were sequenced. The intron of 258-303 bp length depending on the genotype was firstly found in the central part of the gene. The length of the first exon constitutes 99 bp, the second exon is of 210 bp length. The nucleotide and translated amino acid sequences are polymorphic among different genotypes. The line VIR 130 in which the two expressing SFA8 proteins, the normal polypeptide with isoelectric point (pI) approximately 6.0 (normal SFA8) and its allelic variant with pI 6.5 (variant SFA8) have been earlier revealed possesses two types of the SFA8 encoding sequence. In one sequence the substitution 108C→G is present that results in the substitution of the polar uncharged amino acid serine for the positively charged arginine and respectively in alteration of the protein charge and isoelectric point. The intron sequence is also polymorphic and characterized by the presence of indels of approximately 45 bp. The intron sequences of all accessions contain dinucleotides GT at the 5' end and AG at the 3' end which are characteristic for consensus sequences of splicing sites in the U2-type introns. The variants of the secondary structure of the SFA8 intron sequences of *H. argophyllus* Torr. & A. Gray and all the analyzed *H. annuus* genotypes are similar and differ from those of *H. petiolaris* Nutt. and *H. giganteus* L. **Conclusions.** The data on the SFA8 gene sequence polymorphism are important understanding the molecular mechanisms of genotypic differences in biochemical and functional properties of the protein, and he revealed differences in the intron secondary structure can be important for understanding expression patterns of the protein.

Введение

Семена растений накапливают значительные количества запасных белков, необходимых для питания прорастающего зародыша. Запасные белки представляют значительную ценность как источники незаменимых аминокислот в питании человека и животных. Белковая фракция семян масличных растений, наряду с компонентами глобулиновой природы, включает и низкомолекулярные водорастворимые белки, относящиеся к классу 2S альбуминов. 2S альбумины семян масличных растений обладают рядом уникальных свойств – высокой питательной ценностью за счет исключительно высокого содержания незаменимой аминокислоты метионина (Youle, Huang, 1981), а также защитной активностью против возбудителей грибных болезней, которая определяется наличием доменов, характерных для семейства ингибиторов трипсина/альфа-амилазы (Agizzio et al., 2006; Odintsova et al., 2010). Следует отметить также высокую аллергенность 2S альбуминов, обусловленную присутствием в молекуле консервативных IgE-связывающих эпитопов (Radauer, Breiteneder, 2007). Поэтому в последние годы резко возрос интерес к этой группе белков как объектам для изучения питательных и функциональных свойств, а также клинических исследований. К настоящему времени охарактеризованы главные альбумины клеверины, рапса, желтой горчицы, бразильского ореха и других растений; установлено структурное сходство этих белков (Moreno, Clemente, 2008). У большинства растений 2S альбумины состоят из двух полипептидных цепей – малой ($M_r \sim 3000-5000$) и большой ($M_r \sim 7000-9000$). Субъединицы синтезируются в виде одного предшественника (Shewry et al. 1995), который затем расщепляется, образуя две субъединицы.

Запасные 2S альбумины семян относят к семейству ингибиторов трипсина/альфа-амилазы (Shewry, Tatham, 1999), насчитывающему 33% пищевых аллергенов. Эти белки эволюционно родственны, содержат консервативный «скелет» из восьми остатков цистеина. Считается, что гены 2S альбуминов растений, за редкими исключениями (Gander et al., 1999) не содержат интронов.

Kreis et al. (1985) предположили эволюционное родство 2S альбуминов и «двухголового» ингибитора трипсина Bowman-Birk (BBI) из сои. Не всегда это находило подтверждение, но в пользу данного предположения говорит частичная гомология BBI и ингибитора трипсина из семян *Zinnia elegans* Jacq. (ZTI, 11350), представителя близкого подсолнечнику рода *Zinnia* L. (Konarev et al., 2002). ZTI также гомологичен 2S альбуминам подсолнечника. Представители семейства BBI чрезвычайно изменчивы у растений и, возможно, родственные им структуры путем дупликации и дивергенции участвовали в становлении разнообразных белков, в частности, у подсолнечника. Mylne et al. (2011) установили, что полипептиды-предшественники 2S альбуминов разных видов подсолнечника содержат с N-конца последовательности, которые в результате процессинга дают, наряду с альбуминами, пептиды, обладающие определенной биологической активностью. Одним из таких пептидов является найденный ранее уникальный низкомолекулярный (1514 Да) циклический ингибитор трипсина SFTI-1 (Luckett et al., 1999; Konarev et al., 2000, 2002), представляющий большой интерес для медицинской и аграрной биоинженерии. Важно отметить, что SFTI-1 практически полностью соответствует ингибиторной петле BBI.

В отличие от 2S альбуминов других растений, 2S альбумины подсолнечника имеют уникальную структуру: они существуют в виде единичных полипептидов, а их вторичная структура поддерживается за счет внутримолекулярных дисульфидных связей (Kortt, Caldwell, 1990, Anisimova et al., 1995; Pandya et al.,

2000). Фракция 2S альбуминов подсолнечника содержит два уникальных богатых серосодержащими аминокислотами белка – SFA7 и SFA8 ($M_r \sim 12000$), характеризующиеся почти идентичным аминокислотным составом. Содержание остатков метионина в этих полипептидах составляет 15 моль% (Kortt, Caldwell, 1990). Белок SFA8 является главным компонентом альбуминовой фракции. Молекулярная масса белка составляет 12,133 кД, а длина полипептидной цепи – 103 аминокислотных остатка, из которых 16 составляет метионин и 8 – цистеин (Kortt et al., 1991). В генофонде подсолнечника обнаружены два аллельных варианта белка SFA8 – SFA8_n нормальный («дикого типа») и «вариантный» (SFA8_v), которые незначительно различались по подвижности в полиакриламидном геле (SDS-трис-трициновая система, pH 8,8), а при изоэлектрофокусировании имели разные значения изоэлектрических точек – 6,0 у белка «дикого типа» и 6,5 – у вариантного (Anisimova et al., 2003). При этом у всех генотипов гомозиготных по аллелю SFA8_v в спектрах присутствовала слабая полоса, соответствующая белку SFA8_n. Причины выявленного полиморфизма пока неизвестны.

Последовательность первичного продукта трансляции SFA8 (600 пп) впервые была определена в работе (Kortt et al., 1991) и помещена в базу данных NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore>) под номером X56686. В референсной последовательности генома *H. annuus* HanXRQr1.0 ген SFA8 локализован в группе сцепления 11 в промежутке 89,644,488–89,645,412 (локус LOC110892047), однако аннотированная последовательность XM_022139425.1 также представлена предсказанной последовательностью мРНК длиной 623 пп.

В результате комплексного анализа генома, транскриптома и протеома установлено, что из 26 генов 2S альбуминов, обнаруженных в геноме подсолнечника, экспрессировались лишь 15. В белковых профилях зрелых семян были представлены продукты 11 генов, причем в протеоме семян доминировали всего три белка – SESA2, SESA20-2, SESA3 (SFA8), кодируемые тремя генами (Franke et al., 2016; Jayasena et al., 2016). Гены этих доминирующих белков отличались от генов с низким уровнем экспрессии наличием интронов, что свидетельствовало о возможном влиянии интронов на экспрессию (Jayasena et al., 2016). Полиморфизм 2S альбуминов подсолнечника авторы связывают преимущественно с посттрансляционными модификациями. Работы по биохимической характеристике и анализу экспрессии этих белков были выполнены на единичных генотипах. Данные, иллюстрирующие полиморфизм альбуминовой фракции семян подсолнечника, весьма ограничены и основаны исключительно на результатах одномерного и двумерного электрофореза в полиакриламидном геле, изоэлектрофокусирования, а также RP-HPLC (Anisimova et al., 1995, 2003). Однако, учитывая уникальность альбумина SFA8, его биологическую ценность как источника незаменимой аминокислоты метионина, а также ценные функциональные свойства и потенциальную аллергенность, необходимо выяснение молекулярных основ изменчивости этого белка. В задачи настоящего исследования входило: определение экзон-интронной структуры гена SFA8, а также анализ изменчивости геномных последовательностей у различных генотипов культурного подсолнечника и образцов диких видов рода *Helianthus* L.

Материалы и методы

Материал исследования включал 6 линий *H. annuus* L. из генетической коллекции ВИР, несущих, по данным гибридологического анализа, различные аллели в локусе SFA8 (Anisimova et al., 2003): ВИР130 и ВИР365 с аллелем SFA8_v,

ВИР262, ВИР114А (ЦМС РЕТ1), ВИР471Ар (ЦМС РЕТ1), ВИР471Аrig (ЦМС RIG0) с аллелем дикого типа *SFA8n*, а также образцы сорта 'Передовик' и трех диких видов – однолетних *H. argophyllus* Torr. & A.Gray и *H. petiolaris* Nutt. и многолетнего *H. giganteus* L. Суммарную ДНК выделяли из этиолированных проростков с использованием модифицированного СТАВ-метода (Анисимова и др., 2010).

Праймеры для амплификации геномной последовательности SFA8 (прямой 5'-ТСТАСААТGGCAAGGTTTTC, обратный 5'-ТААСGAGACACACGATGGAC-3'), конструировали на основе информации о последовательности мРНК SFA8 (образец X56686, депонированной в международном генном банке GenBank NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucscore>) с использованием программы Primer3Plus (<http://www.bioinformatics.nl/>). Продукт амплификации включал кодирующую последовательность, 6 нуклеотидов 5' лидерной последовательности и 120 нуклеотидов 3' трейлерной последовательности. Его предсказанная длина составляла около 550 пн. Полимеразную цепную реакцию проводили в объеме 25 мкл по протоколам, подобранным нами. Реакционная смесь (25 мкл) содержала 25 нг геномной ДНК, 1,5 mM MgCl₂, по 0,1 mM каждого из dNTP, по 0,5 mM праймера и 1 е.а. Taq-полимеразы. Реакцию проводили при следующих условиях: 36 циклов, денатурация при 94°C (30 с), отжиг при 55°C (45 с), элонгация при 72°C (1 мин), финальная элонгация – 10 мин.

Очистку ПЦР-продуктов из амплификационной смеси проводили в 1% агарозном геле. Амплифицированные фрагменты были клонированы в векторе pAL-TA Vector по протоколу производителя (компания Евrogen, <https://www.evrogen.ru>). Для трансформации использовали клетки *E. coli* штамма DH5L. Отбор рекомбинантных клонов проводили при помощи ПЦР с универсальными праймерами M13dir и M13rev. ПЦР-продукты разделяли электрофорезом в 1% агарозном геле и отбирали клоны со вставкой нужного размера. Фрагменты были секвенированы с использованием генетического анализатора ABI PRISM 3500xl в ЦКП «Геномные технологии и клеточная биология» (ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии). Во избежание ошибок при амплификации и чтении последовательностей секвенирование проводили в двух повторностях и каждый фрагмент секвенировали с обоих концов. Число отсеквенированных клонов было различным для изученных генотипов. Поскольку наибольший интерес представляло изучение связи между генетическим полиморфизмом белка SFA8 и полиморфизмом его кодирующих последовательностей, максимальное число клонов (10) было получено для линии ВИР130 с вариантным белком SFAv. Для остальных генотипов анализировали по 3–4 клон.

Выравнивание последовательностей и их анализ проводили с помощью программы MEGA version 5.1 (Kumar et al., 2016). Для расчета биохимических и физико-химических показателей предсказанных белков использовалась программа <http://cn.expasy.org/tools/#proteome>. Вторичная структура интрона предсказывалась с использованием программы MFOLD (Zuker, 2003).

Результаты и обсуждение

Продукты ПЦР представителей однолетнего культурного вида *H. annuus* и наиболее близкого к нему дикорастущего однолетнего *H. argophyllus*, полученные с помощью праймеров, фланкирующих кодирующую последовательность гена SFA8, имели одинаковую длину размера – примерно 850 пн (рис. 1). В то же время длина продуктов ПЦР образцов многолетнего *H. giganteus* и однолетнего

H. petiolaris оказалась примерно на 30–40 пн меньше и составила около 790 пн. Размер полученных ампликонов значительно отличался от ожидаемого (550 пн). Отсюда мы предположили, что геномная последовательность *SFA8* содержала вставку размером около 300 пн.

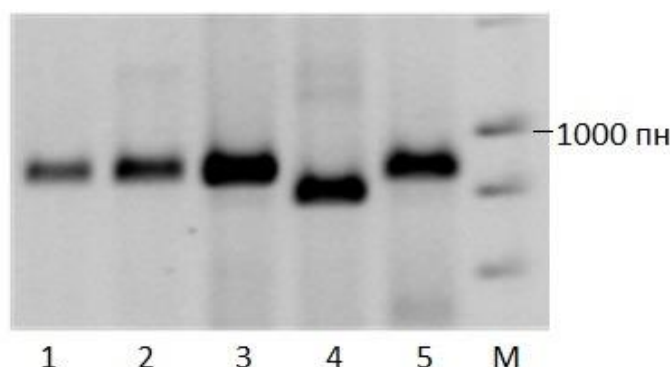


Рис. 1. Продукты ПЦР, полученные с использованием пары праймеров *SFA8* у линий *H. annuus*: ВИР130 (1), ВИР365 (2), ВИР262 (3), ВИР114А (ЦМС PET1) (5) и многолетнего вида *H. giganteus* (4). М – маркер молекулярного веса 100bp DNA Ladder (Fermentas)

Fig. 1. PCR products obtained using primer pair *SFA8* in *H. annuus* lines VIR130 (1), VIR365 (2), VIR262 (3), VIR114A (CMS PET1) (5) and perennial species *H. giganteus* (4). M – molecular weight marker 100bp DNA Ladder (Fermentas)



Рис. 2. Нуклеотидная и транслированная *in silico* аминокислотная последовательности гена *SFA8* (линия ВИР114А). Последовательности экзонов указаны прописными буквами, последовательность интрона и 5' и 3' нетранслируемых районов – строчными. Предполагаемые аминокислотные остатки приведены над нуклеотидной последовательностью

Fig. 2. Nucleotide and *in silico* translated amino acid sequences of the *SFA8* gene (line VIR 114A). Exon sequences are indicated by uppercase letters, sequences of the intron and untranslated regions are shown by lowercase letters. Predicted amino acids are written above the nucleotide sequence

Полученные после амплификации фрагменты гена *SFA8* были клонированы и секвенированы. Сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей изученных генотипов и двух депонированных в базе NCBI последовательностей мРНК (X56686 и XM_022139425.1) показал, что ген *SFA8* имеет интрон протяженностью 250–300 нуклеотидов (рис. 2). Длина первого экзона составляет 99 пн, длина второго – 210 пн. Интрон находится в центральной части гена, вблизи одного из двух эволюционно консервативных сайтов посттрансляционного расщепления на предполагаемые «малую» и «большую» субъединицы. В последовательности *SFA8* обнаружены два таких сайта – SQ (позиции 36, 37) и SP (позиции 39, 40) аминокислотной цепи зрелого белка (Kortt et al., 1991). Эти сайты идентичны у предшественников *SFA8* и 2S альбумина семян бразильского ореха, однако, в отличие от гомологичных белков других двудольных растений, у подсолнечника данная область процессингу не подвергается. Отсутствие процессинга можно объяснить отсутствием соответствующей протеазы в семенах либо структурными отличиями данного района, последовательность которого у подсолнечника, как и у схожего по структуре одноцепочечного ингибитора трипсина ячменя, содержит меньше аминокислотных остатков (Kortt et al., 1991).

Последовательность интрона в референсных последовательностях X56686 и XM_022139425.1 из базы данных NCBI отсутствовала и идентифицирована нами впервые. Она оказалась полиморфной и характеризовалась наличием инделей длиной около 45 пн. при сравнении диких видов *H. argophyllus*, *H. petiolaris* и *H. giganteus* с однолетним культурным подсолнечником *H. annuus*.

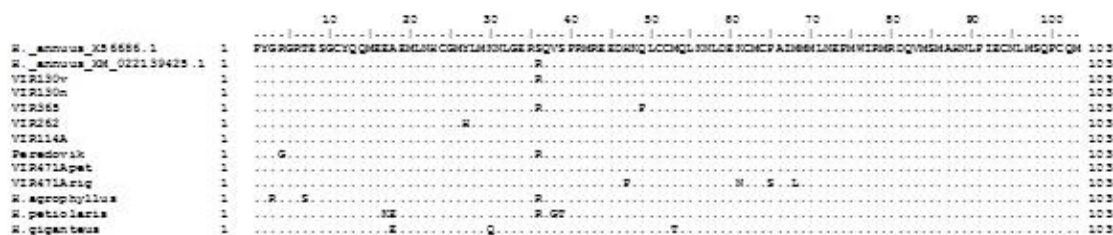


Рис. 3. Выравнивание предсказанных аминокислотных последовательностей белка *SFA8* из различных генотипов (позиции аминокислот 1–103)

Fig. 3. Alignment of predicted amino acid sequences of the SFA protein from various genotypes (amino acid (positions 1–103))

В результате сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей и последовательности мРНК *SFA8* (сорт ‘Hysun’) (Kortt et al., 1991) у изученных генотипов выявлены замены отдельных нуклеотидов в районах как в 5', так и в 3' нетранслируемых последовательностях. Транслированные *in silico* аминокислотные последовательности характеризовались полиморфизмом у различных генотипов (рис. 3). Отдельные аминокислотные замены обнаружены у сорта ‘Передовик’ и линии VIP262, дикие виды отличались от культурного подсолнечника по большему числу позиций. Секвенированные последовательности одного и того же генотипа – линии VIP130 (характеризуется двумя электрофоретическими вариантами белка *SFA8*, различающимися по изоэлектрической точке) – оказались полиморфными. Большая часть клонов (восемь из десяти проанализированных) содержала замену 108C→G, приводящую

к замене полярной незаряженной аминокислоты серина на положительно заряженный аргинин (позиция 36 полипептидной цепи), но в одной из клонированных последовательностей подобная замена не выявлена. Полученные данные согласуются с полученными нами ранее результатами биохимического анализа расщепляющейся гибридной популяции F_2 (ВИР130 × ВИР104) (Anisimova et al., 2003). В спектрах изоэлектрофокусирования 2S альбуминов, выделенных из семян генотипов гомозиготных по вариантному аллелю *SFA8v*, присутствовали оба компонента (*SFA8v* и *SFA8n*), причем интенсивность компонента дикого типа была заметно ниже интенсивности вариантного белка. Этот факт можно объяснить наличием в генотипе нескольких отличающихся по последовательности копий гена *SFA8* либо наличием всего двух копий – дикого типа и вариантной с мутацией 108C—G, но отличающихся по уровню экспрессии. Такая же замена обнаружена в проанализированных последовательностях из других генотипов, у которых ранее (Anisimova et al., 2003) мы обнаружили вариантный белок *SFA8v* – у линий ВИР365 и сорта ‘Передовик’. Замена 108C—G также обнаружена в изученных последовательностях *SFA8* однолетних диких видов *H. argophyllus* и *H. petiolaris*. Следует отметить, что та же замена присутствует и в референсной последовательности XM_022139425.1 из аннотированного генома подсолнечника, источником которого служила инбредная линия XRQ, созданная в Национальном институте сельскохозяйственных исследований Франции (INRA) на основе российского сорта ‘Прогресс’ (Badouin et al., 2017). Интересно, что и линия ВИР365, у которой обнаружена мутация 108C—G, также создана при участии сорта ‘Прогресс’.

Таблица. Физико-химические и биохимические характеристики вариантов белка *SFA8*, рассчитанные на основании их кодирующих последовательностей с помощью программы EXPASY (<http://cn.expasy.org/tools/#proteome>)
Table. Physicochemical and biochemical characteristics of *SFA8* protein variants calculated from their coding sequences using EXPASY software
(<http://cn.expasy.org/tools/#proteome>)

Образец Accession	pI	Заряд молекулы при pH 7,80 Molecule charge at pH 7.80	Показатель гидрофобнос- ти (GRAVY) Hydrophobicity index (GRAVY)	Позиции сайтов гидролиза трипсином (общее число) Positions and number of trypsin cleavage sites
<i>SFA8</i> X56686.1	5,91	–1,715	–0,586	4 6 30 35 41 43 48 56 61 78 80 (11)
<i>SFA8</i> XM022139425.1	6,35	–0,715	–0,622	4 6 30 35 36 41 43 48 56 61 78 80 (12)
ВИР130 (<i>SFA8v</i>)*	6,35	–0,715	–0,622	4 6 30 35 36 41 43 48 56 61 78 80 (12)
ВИР130 (<i>SFA8n</i>)	5,91	–1,715	–0,586	4 6 30 35 41 43 48 56 61 78 80 (11)
ВИР365 (<i>SFA8v</i>)	6,35	–0,715	–0,604	4 6 30 35 36 41 43 56 61 78 80 (11)
ВИР262 (<i>SFA8n</i>)	6,09	–1,623	–0,605	4 6 30 35 41 43 48 56 61 78 80 (11)
ВИР114A (<i>SFA8n</i>)	5,91	–1,715	–0,586	4 6 30 35 41 43 48 56 61 78 80 (11)
Передовик (<i>SFA8n</i>)	5,91	–1,715	–0,583	6 30 35 36 41 43 48 56 61 78 80 (11)
ВИР471Ap (<i>SFA8n</i>)	5,91	–1,715	–0,586	4 6 30 35 41 43 48 56 61 78 80 (11)
ВИР471Arig (<i>SFA8n</i>)	5,32	–2,805	–0,541	6 30 35 41 43 48 56 78 80 (10)
<i>H. argophyllus</i>	7,19	+0,285	–0,663	3 4 6 30 35 36 41 43 48 56 61 78 80 (13)
<i>H. petiolaris</i>	7,19	+0,285	–0,721	4 6 17 30 35 36 41 43 48 56 61 78 80 (13)
<i>H. giganteus</i>	5,30	–3,713	–0,659	4 6 35 41 43 48 56 61 78 80 (10)

*в скобках отмечен электрофоретический вариант полипептида (*SFA8n* – нормальный, *SFA8v* – мутантный).

Аминокислотный состав белковых молекул определяет значение изоэлектрической точки. Расчетное значение изоэлектрической точки полипептидов SFA8, у которых выявлена замена S36R составило 6,35, тогда как значение изоэлектрической точки вариантов SFA8 «дикого типа» – 5,91 (таблица). Эти значения соответствуют оценкам 6,5 и 6,0, полученным ранее при изофокусировании белков (Anisimova et al., 2003). Можно предположить, что изменение изоэлектрической точки сопровождается изменением заряда в щелочной среде, что также отражается на его подвижности в полиакриламидном геле. Рассчитанные изоэлектрические точки белка SFA8 у различных линий *H. annuus* колебались от 5,32 до 6,35, заряд – от –2,805 до –0,715, а показатель гидрофильности/гидрофобности (GRAVY) – от –0,541 до –0,622 (таблица). Число и позиции сайтов расщепления пищеварительным ферментом трипсином было одинаковым для белков из разных генотипов *H. annuus*, за исключением вариантного SFA8 полипептида, но отличалось у диких видов. Состав пептидов, образующихся в результате расщепления пептидных связей в белке, может определять его аллергенные свойства. Пептиды, образующиеся при гидролизе полиморфных белков, могут отличаться по составу, что может приводить к изменению потенциальных аллергенных свойств белка.

Нуклеотидные последовательности интрона гена SFA8 различались у исследованных образцов. Длина интрона составляла от 258 пн у *H. petiolaris* и *H. giganteus* до 303 у последовательности VIR130v линии ВИР130 *H. annuus*. У всех образцов последовательности интрона содержали динуклеотиды GT на 5', а также AG на 3' конце интрона, характерные для консенсусных последовательностей сайтов сплайсинга интронов U2-типа, которые являются основным типом ядерных интронов эукариот (рис. 4, 5).

Вторичная структура интронов пре-мРНК гена SFA8 у различных образцов подсолнечника существенно отличались. Для образца *H. argophyllus* и всех проанализированных образцов *H. annuus* (линии ВИР130, ВИР365, ВИР262, ВИР114А, ВИР471Apet, ВИР471Arig, сорт 'Передовик'), последовательности интронов которых имеют сходную длину и отличаются короткими инделями и единичными нуклеотидными заменами, было выявлено от одного (для последовательности VIR130v линии ВИР130) до трех (последовательности сорта 'Передовик' и линии ВИР262) вариантов вторичной структуры. При этом обладающие минимальной энергией (ΔG от –92 до –87) оптимальные варианты вторичной структуры последовательностей интрона образца вида *H. argophyllus* и всех проанализированных образцов *H. annuus* были сходны между собой. 5' и 3' концы интрона были сближены за счет формирования небольшой шпильки I и двух более протяженных соседних шпилек II и III (рис. 4).

Последовательности интрона гена SFA8 у видов *H. petiolaris* и *H. giganteus* отличались от последовательностей *H. argophyllus* и *H. annuus* наличием делеции, длина которой составляла 45 пн у *H. petiolaris* и 46 пн у *H. giganteus*. Для последовательности *H. petiolaris* было выявлено пять возможных вариантов вторичной структуры с ΔG от –59 до –61. Для последовательности *H. giganteus* было выявлено восемь возможных вариантов вторичной структуры с ΔG от –47 до –55. При этом 5' и 3' концы интрона последовательности *H. petiolaris* не формировали шпильку ни в одном из вариантов вторичной структуры.

У *H. giganteus*, несмотря на наличие делеции в последовательности интрона, семь из восьми вариантов вторичной структуры были сходны со вторичной структурой последовательностей *H. argophyllus* и *H. annuus*. Как и у *H. argophyllus* и *H. annuus*, последовательность интрона *H. giganteus* формировала три шпильки, в результате чего 5' и 3' концы интрона также были сближены (рис. 5). Однако,

структура шпилек интрона *H. giganteus* отличалась от таковой *H. argophyllus* и *H. annuus*. Таким образом, были выявлены отличия во вторичной структуре интрона гена *SFA8* у образцов видов *Helianthus*.

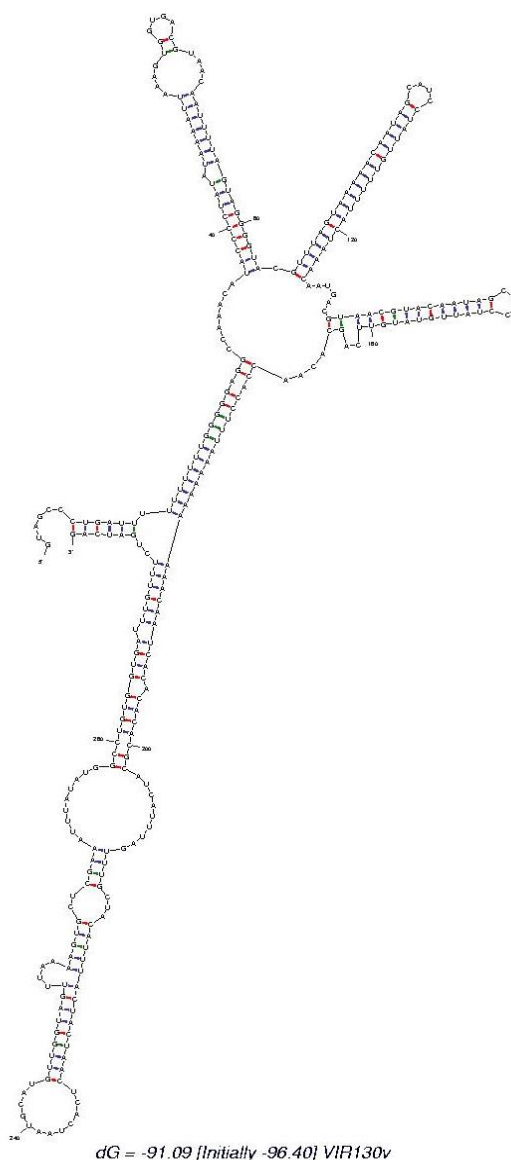


Рис. 4. Вторичная структура интрона гена *SFA8* последовательности VIR130v линии ВИР130 *Helianthus annuus* L.

Fig. 4. Secondary structure of intron in the VIR130v sequence from *Helianthus annuus* L. line VIR130

Ранее с помощью двумерного электрофореза альбуминовой фракции 2S альбуминов подсолнечника, продемонстрированы значительные межвидовые отличия по экспрессии *SFA8*. Компонент, соответствующий белку *SFA8*, был значительно ослаблен у образцов однолетних диких видов и практически не виден — у образцов многолетних (Gavrilova, Anisimova, 2003). В последнее время появились данные о влиянии вторичной структуры интрона на сплайсинг у некоторых видов животных, дрожжей и растений. На настоящий момент выявлено несколько механизмов влияния вторичной структуры интрона на сплайсинг и показано, что формирование вторичной структуры может как повышать, так и понижать эффективность сплайсинга (Lin et al., 2016). Кроме того,

у *Saccharomyces cerevisiae* формирование шпилек между сайтом ветвления и 3'-сайтом сплайсинга может играть роль термосенсора, влияя на альтернативный сплайсинг (Meyer et al., 2011). Эффективность экспрессии SFA8 у трансгенных растений люцерны, в генотип которых был включен кодирующий район гена, оказалась низкой (Tabe et al., 1993). Впоследствии было показано, что наличие интрона усиливает экспрессию SFA8 в трансгенных растениях *Arabidopsis* (Sun et al., 2015), что свидетельствовало о возможном влиянии интрона на экспрессию.

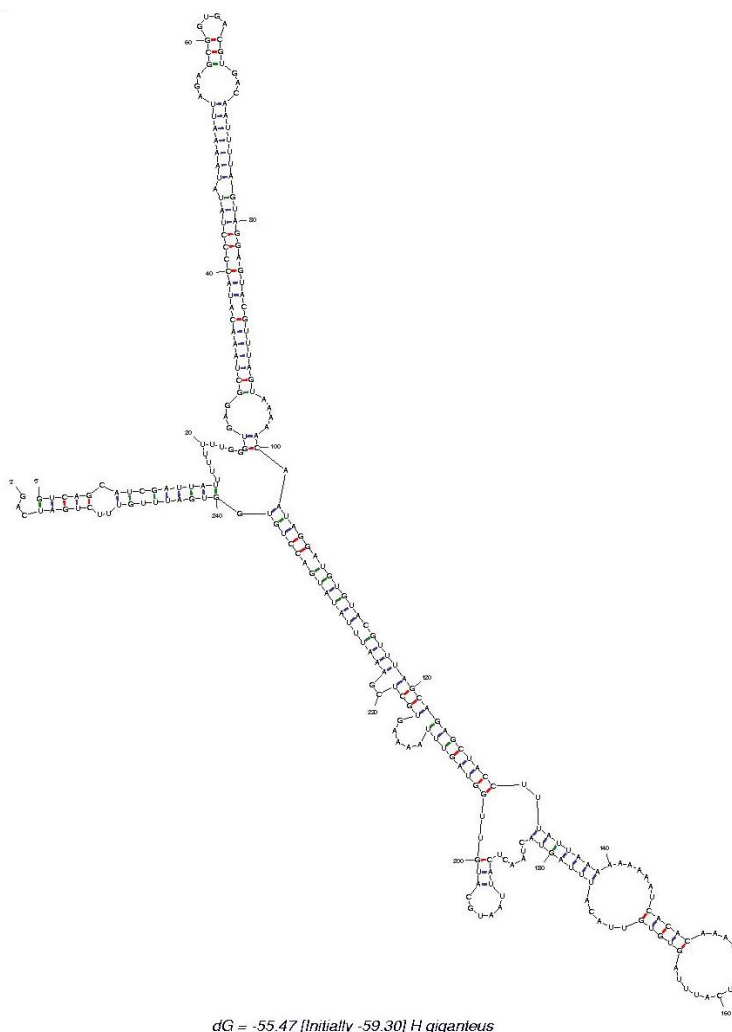


Рис. 5. Вторичная структура вариантной последовательности интрона гена SFA8 *Helianthus giganteus* L.
Figure 5. Secondary structure of the SFA8 gene intron in the VIR130v sequence from *Helianthus giganteus* L.

Заключение

В настоящей работе впервые изучен структурный полиморфизм последовательностей гена богатого метионином альбумина SFA8. Установлено, что ген SFA8 имеет два экзона длиной 99 пн и 210 пн и содержит в центральной части интрон, длина которого у изученных образцов представителей рода *Helianthus* варьирует в пределах 285–303 пн, а у образцов культурного вида

H. annuus составляет 300–303 пн. Варианты интрона полиморфны у разных генотипов и отличаются по вторичной структуре. У линий подсолнечника, характеризующихся различными электрофоретическими вариантами SFA8, выявлены различия кодирующих последовательностей и обнаружена мутация, приводящая к скачкообразному изменению заряда. Выявленные нами различия вторичной структуры интрона могут оказаться важными для понимания особенностей экспрессии гена SFA8, а обнаруженный полиморфизм кодирующих последовательностей – для выяснения молекулярных механизмов различий биохимических и функциональных свойств этого белка у генотипов подсолнечника.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0009 «Развитие современных технологий паспортизации сортов и гибридов, генотипирования мировых растительных ресурсов и их фитосанитарного мониторинга с использованием молекулярных маркеров», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710356-4 и согласно тематическому плану Института общей генетики им. Н.И. Вавилова по теме 0112-2018-0004 «Исследование генома культурных растений и их сородичей, применительно к генетической теории селекции», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116111610169-8.

References/Литература

- Anisimova I. N., Alpat`eva N. V., Timofeeva G. I. Skrining geneticheskikh resursov rastenii s ispolzovaniem DNK markerov: osnovnye principy, vydelenie DNK, PCR, elektroforez v agaroznom gele. Metodicheskie ukazaniya VIR (Ed. by E.E. Radchenko). St. Petersburg : VIR, 2010, 30 p. [in Russian] (Анисимова И. Н., Алпатьева Н. В., Тимофеева Г. И. Скрининг генетических ресурсов растений с использованием ДНК-маркеров: основные принципы, выделение ДНК, постановка ПЦР, электрофорез в агарозном геле: Методические указания ВИР / под ред. Е. Е. Радченко. СПб. : ВИР, 2010. 30 с.).
- Gavrilova V. A., Anisimova I. N. Genetics of cultivated plants. Sunflower. St. Petersburg : VIR, 2003, 197 p. [in Russian] (Гаврилова В. А., Анисимова И. Н. Генетика культурных растений. Подсолнечник Санкт-Петербург : ВИР, 2003. 197 с.).
- Agizzio A. P., Da Cunha M., Carvalho A. O., Oliveira M. A., Ribeiro S. F., Gomes V. M. The antifungal properties of a 2S albumin-homologous protein from passion fruit seeds involve plasma membrane permeabilization and ultrastructural alterations in yeast cells // Plant Sci., 2006, vol. 171, no. 4, pp. 515–522. DOI: 10.1016/j.plantsci.2006.06.001.
- Anisimova I. N., Fido R. J., Tatham A. S., Shewry P. R. Genotypic variation and polymorphism of 2S albumins of sunflower // Euphytica, 1995, vol. 83, pp. 15–23.
- Anisimova I. N., Konarev A. V., Gavrilova V. A., Rozhkova V. T., Fido R. J., Tatham A. S., Shewry P. R. Polymorphism and inheritance of methionine-rich 2S albumins in sunflower // Euphytica, 2003, vol. 129, no. 1, pp. 99–107. DOI: 10.1023/A:1021562712945.
- Badouin H., Gouzy G., Grassa C. J. et al. The sunflower genome provides insights into oil metabolism, flowering and Asterid evolution // Nature, 2017, vol. 546, pp. 148–152. DOI: 10.1038/nature22380.
- Elliott A. G., Delay C., Liu H., Phua Z., Rosengren K. J., Benfield A. H., Panero J. L., Colgrave M. L., Jayasena A. S., Dunse K. M., Anderson M. A. Evolutionary origins of a bioactive peptide buried within preproalbumin // The Plant Cell, 2014, vol. 26, pp. 981–995. DOI 10.1105/tpc.114.123620.
- Franke B., Colgrave M. L., Mylne J. S., Rosengren K. J. Mature forms of the major seed storage albumins in sunflower: A mass spectrometric approach // 2016, vol. 147, no. 1, pp. 177–186. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.05.004.
- Jayasena A. S., Franke B., Rosengren J., Mylne J. S. A tripartite approach identifies the major sunflower seed albumins // Theor. Appl. Genet., 2016, vol. 129, no. 3, pp. 613–629. DOI: 10.1007/s00122-015-2653-3.
- Kortt A. A., Caldwell J. B. Low molecular weight albumins from sunflower seed: identification of a methionine-rich albumin // Phytochemistry, 1990, vol. 29, no. 9, pp. 2805–2810.

- Kortt A. A., Caldwell J. B., Lilley G. G., Higgins T. J. V. Amino acid and cDNA sequences of a methionine-rich 2S protein from sunflower seed (*Helianthus annuus* L.) // Eur. J. Biochem., 1991, vol. 195, pp. 329–334. DOI: 10.1111/j.1432-1033.1991.tb15710.x.
- Konarev A. V., Gavrilova V. A., Rozhkova V. T., Fido R. J., Tatham A. S., Shewry P. R. Novel proteinase inhibitors in seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.): polymorphism, inheritance and properties. Theor. Appl. Genet., 2000, vol. 100, no. 1, pp. 82–88. DOI: 10.1007/s001220050012.
- Konarev A. V., Anisimova I. N., Gavrilova V. A., Vachrusheva T. E., Konechnaya G. Y., Lewis M., Shewry P. R. Serine proteinase inhibitors in the Compositae: Distribution, polymorphism and properties // Phytochemistry, 2002, vol. 59, pp. 279–291. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00463-0.
- Kreis M., Forde B. G., Rahman S., Mifflin B. J., Shewry P. R. Molecular evolution of the seed storage proteins of barley, rye and wheat // J. Mol. Biol., 1985, vol. 183, no. 3, pp. 499–502.
- Lin C. L., Taggart A. J., Fairbrother W. G. RNA structure in splicing: An evolutionary perspective // RNA Biol., 2016, vol. 13, no. 9, pp. 766–771. DOI: 10.1080/15476286.2016.1208893.
- Luckett S., Garcia R. S., Barker J. J., Konarev A. V., Shewry P. R., Clarke A. R., Brady R. L. High resolution structure of a potent, cyclic proteinase inhibitor from sunflower seeds // J. Mol. Biol., 1999, vol. 290, pp. 525–533. DOI: 10.1006/jmbi.1999.2891.
- Meyer M., Plass M., Pérez-Valle J., Eyraes E., Vilardeñ J. Deciphering 3' splice site selection in the yeast genome reveals an RNA thermosensor that mediates alternative splicing // Mol. Cell., 2011, vol. 43, no. 6, pp. 1033–1039. DOI: 10.1016/j.molcel.2011.07.030.
- Moreno F. J., Clemente A. 2S Albumin Storage Proteins: What makes them food allergens? // Open Biochem. J., 2008, vol. 2, pp. 16–28. DOI: 10.2174/1874091X00802010016.
- Mylne J. S., Colgrave M. L., Daly N. L., Chanson A. H., Elliott A. G., McCallum E. J., Jones A., Craik D. J. Albumins and their processing machinery are hijacked for cyclic peptides in sunflower // Nat. Chem. Biol., 2011, vol. 7, pp. 257–259. DOI: 10.1038/nchembio.542.
- Odintsova T. I., Rogozhin E. A., Sklyar I. V., Musolyamov A. K., Kudryavtsev A. M., Pukhalsky V. A., Smirnov A. N., Grishin E. V., Egorov T. A. Antifungal activity of storage 2S albumins from seeds of the invasive weed dandelion *Taraxacum officinale* Wigg. // Protein and Peptide Letters, 2010, vol. 17, no. 4, pp. 522–529. DOI: 10.2174/092986610790963591.
- Pandya M. J., Sessions R. B., Williams P. B., Dempsey C. E., Tatham A., Shewry P. R., Clarke A. R. Structural characterization of a methionine-rich, emulsifying protein from sunflower seed // Proteins: Structure Function, and Bioinformatics, 2000, vol. 38, no. 3, pp. 341–349. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0134(20000215)38:3<341::D. >3.0.CO;2-D.
- Radauer C., Breiteneder H. Evolutionary biology of plant food allergens // J. Allergy Clin. Immunol. 2007, vol. 120, no. 3, pp. 518–525. DOI: 10.1016/j.jaci.2007.07.024.
- Shewry P. R., Napier J. A., Tatham A. S. Seed Storage Proteins: Structures and Biosynthesis // The Plant Cell, 1995, vol. 7, no. 7, pp. 945–956. DOI: 10.1105/tpc.7.7.945.
- Shewry P. R., Tatham A. S. The characteristics, structures and evolutionary relationships of prolamins. In : Seed proteins (eds. P. R. Shewry, R. Casey). Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp. 11–33.
- Sun J., Zhao H., Nie L., Yi J., Zhang Q.-L. The intron in an albumin gene from sunflower increases expression of SFA8. In: Molecular breeding of forage and turf (eds. H. Budak, G. Spangenberg) 2015, pp. 183–191. DOI: 10.1007/978-3-319-08714-6_16.
- Tabb L. M., Higgins C. M., McNabb W. C., Higgins T. J. Genetic engineering of grain and pasture legumes for improved nutritive value // Genetica, 1993, vol. 90, no. 2–3, pp. 181–200.
- Zuker M. Mfold web server for nucleic acid folding and hybridization prediction // Nucleic Acids Res., 2003, vol. 31, no. 13, pp. 3406–3415. DOI: 10.1093/nar/gkg595.
- Youle R. J., Huang A. H. C. Occurrence of low molecular weight and high cysteine containing albumin storage proteins in oilseeds of diverse species // Am. J. Bot., 1981, vol. 68, no. 1, pp. 44–48. DOI: 10.2307/2442990.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-104-110

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 633.11:632.937.14

**М. А. Колесова,
Л. Г. Тырышкин**Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: markolesova@yandex.ru**Ключевые слова:***Aegilops speltoides*, ювенильная
устойчивость, наследование,
листовая ржавчина**Поступление:**

09.08.2018

Принято:

10.12.2018

**НАСЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЮВЕНИЛЬНОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ ШЕСТИ ОБРАЗЦОВ *AEGILOPS
SPELTOIDES* TAUSCH К ЛИСТОВОЙ РЖАВЧИНЕ**

Актуальность. Листовая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) – вредоносное заболевание мягкой пшеницы во многих регионах возделывания культуры. Экологически безопасным и наиболее экономически выгодным методом борьбы с болезнью является выращивание устойчивых сортов. Для их создания необходим поиск форм, защищенных ранее не используемыми в селекции генами устойчивости. Несмотря на то, что описано более семидесяти *Lr* (leaf rust) генов, из генов ювенильной резистентности на всей территории РФ эффективны только два: *Lr39*(41) и *Lr47*. Таким образом, расширение набора эффективных генов устойчивости к листовой ржавчине является весьма актуальной задачей. Важным источником таких генов являются дикорастущие родичи *Triticum aestivum* L., в том числе и представители рода *Aegilops* L. Знание генетического контроля устойчивости у выделенных форм позволит избежать переноса в мягкую пшеницу источников одних и тех же генов резистентности.

Материалы и методы. С помощью гибридологического анализа изучили наследование эффективной ювенильной устойчивости к листовой ржавчине у шести образцов *Ae. speltoides* Tausch из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Скрещивания проводились на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР, Санкт-Петербург). Наследование резистентности к болезни изучали у образцов *Ae. speltoides* к-1000 (Турция), к-1015 (Афганистан), к-1593 (Ирак), к-2279 (Иран), к-2753 и к-2819 (неизвестно).

Результаты и выводы. По результатам анализа расщепления по ювенильной устойчивости к листовой ржавчине в поколениях F_2 и F_3 комбинаций скрещивания шести изученных образцов *Ae. speltoides* с восприимчивым к-1596 показано, что каждый из них защищен одним доминантным геном резистентности. Отсутствие расщепления в гибридных популяциях от скрещивания устойчивых форм между собой указывает на тесную сцепленность, либо, более вероятно, на идентичность их генов резистентности. Идентифицированный ген устойчивости не может быть идентичным генам *Lr28*, *Lr35*, *Lr36* и *Lr51*, уже переданным в геном *T. aestivum* от *Ae. speltoides*. До начала интрогрессии вновь идентифицированного гена необходимо изучение его идентичности гену *Lr47* с помощью фитопатологического теста; использование молекулярного маркирования для этой цели неинформативно.

M. A. Kolesova,
L. G. Tyryshkin

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

Key words:

Aegilops speltoides, juvenile
resistance, inheritance, leaf rust

Received:

09.08.2018

Accepted:

10.12.2018

INHERITANCE OF EFFECTIVE JUVENILE LEAF RUST RESISTANCE IN SIX ACCESSIONS OF *AEGILOPS SPELTOIDES* TAUSCH

Background. Leaf rust (causal agent: *Puccinia triticina* Erikss.) is a serious disease of bread wheat in all crop-growing regions. An environmentally safe and economically profitable method to protect plants is cultivation of resistant varieties. Their development requires searching for the forms carrying new genes of resistance. Despite the fact that more than 70 *Lr* genes have been described, only two (*Lr39*(41) and *Lr47*) are effective in the seedling stage over all the territory of the Russian Federation. Thus, expanding the set of effective leaf rust resistance genes is a high-priority task. An important source of such genes are wild relatives of *Triticum aestivum* L., including *Aegilops* L. species. Knowing genetic control of resistance in newly identified forms will help to avoid the transfer of the same alien resistance genes onto bread wheat. **Materials and methods.** Inheritance of effective juvenile leaf rust resistance was studied in 6 accessions of *Ae. speltoides* Tausch from the VIR collection. Crossings were carried out in the field of Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR (St. Petersburg). Genetic control of resistance to the disease was analyzed in the following accessions of *Ae. speltoides*: k-1000 (Turkey), k-1015 (Afghanistan), k-1593 (Iraq), k-2279 (Iran), k-2753 and k-2819 (unknown origin). **Results and conclusions.** The analysis of segregation for seedling resistance to leaf rust in F_2 и F_3 from the crosses between the 6 studied accessions and the susceptible *Ae. speltoides* accession k-1596 showed that each of them possessed one dominant resistance gene. The absence of susceptible plants in hybrid populations from the crosses between resistant accessions testified to a tight linkage or, more likely, the identity of their genes associated with resistance. The identified resistance gene cannot be identical to *Lr28*, *Lr35*, *Lr36* and *Lr51*, earlier introgressed into the *T. aestivum* genome from *Ae. speltoides*. Before the introgression of the newly identified gene, it is necessary to study its identity to *Lr47* using the phytopathological test; the use of molecular markers for this purpose is little informative.

Введение

Высоким уровнем устойчивости к листовой ржавчине пшеницы характеризуются многие виды рода *Aegilops* L., однако привлечение большинства из них в интрогрессивную гибридизацию затруднено из-за их низкой скрещиваемости с *Triticum aestivum* L. В связи с этим наиболее перспективными для селекции пшеницы на иммунитет являются виды, участвовавшие в формировании генома *T. aestivum*. В первую очередь это вид *Aegilops tauschii* Coss. (донор генома D), который относительно легко скрещивается с мягкой пшеницей (Gill, Raupp, 1987) и *Ae. speltoides* Tausch (геном B), у которого выявлены образцы с высокой способностью к гомеологичной конъюгации с хромосомами пшеницы (Pukhalsky, Lapochkina, 1989).

Нами при изучении образцов *Ae. speltoides* из коллекции генетических ресурсов растений ВИР были выделены 82 высокоустойчивые к *Puccinia triticina* Erikss. формы (Kolesova, 2007). На следующем этапе необходимо изучить идентичность их генов резистентности, поскольку если все эти образцы защищены одним и тем же геном (генами), то привлечение каждого из них в трудоемкий процесс гибридизации нецелесообразно.

Изучение генетического контроля и идентичности генов устойчивости образца уже известным теоретически возможно одним из трех методов – с помощью гибридологического и молекулярного анализов, фитопатологического теста (Tyryshkin, 2010). Наиболее надежен для идентификации уже известных генов резистентности у вновь выделенных форм последний метод, однако в настоящее время его использование невозможно из-за отсутствия в популяциях патогена из России клонов, вирулентных к гену *Lr47* (единственный ген устойчивости, переданный от *Ae. speltoides*, эффективный у образцов пшеницы в ювенильной стадии онтогенеза). Метод анализа ДНК-маркеров, синтезированных в результате ПЦР с праймерами, комплементарными к участкам ДНК, тесно сцепленными с конкретным геном, позволяет надежно идентифицировать *Lr* гены устойчивости к листовой ржавчине только у линий мягкой пшеницы с интрогрессивными генами; при его использовании для идентификации собственно пшеничных генов, а также интрогрессивных генов у образцов вида, от которого конкретный ген был перенесен в геном *T. aestivum*, наблюдается очень высокая частота ошибки постуляции аллеля резистентности (Kolesova, 2007; Tyryshkin, 2011).

Поскольку изучение наследования признака у большого количества образцов диких видов с помощью гибридологического анализа – это очень трудоемкий процесс, то для работы были отобраны шесть форм, высокий уровень ювенильной устойчивости к ржавчине которых был подтвержден исследованиями многих лет (Kolesova, 2007; Kolesova, Tyryshkin, 2015).

Цель настоящей работы – изучение наследования эффективной ювенильной устойчивости к листовой ржавчине у образцов *Ae. speltoides*.

Материалы и методы

Экспериментальная работа проводилась в 2012–2016 гг. на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР, Санкт-Петербург).

Наследование резистентности к листовой ржавчине изучали у образцов *Ae. speltoides* к-1000 (Турция), к-1015 (Афганистан), к-1593 (Ирак), к-2279 (Иран), к-2753 и к-2819 (у обоих происхождение неизвестно) из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. В

качестве восприимчивого родителя использовали образец к-1596 (Ирак). Во всех скрещиваниях восприимчивый образец использовали в качестве отцовского родителя.

Колосья материнских растений кастрировали вручную, опыление проводили с помощью твелл-метода (Merezhko et al., 1973).

В лабораторных условиях проростки гибридных растений и родительских форм в стадии одного-двух листьев опрыскивали водной суспензией спор возбудителя листовой ржавчины. Для заражения использовали сборную популяцию *P. triticina* (смесь сборов проводили с нескольких восприимчивых сортов в Дагестане и Северо-Западном регионе РФ не менее чем три раза за сезон вегетации). Кюветы с растениями после инокуляции оборачивали полиэтиленом и на 24 ч оставляли в темноте, затем пленку снимали и кюветы переносили на светоустановку.

Учет типа реакции проводили на 12-е сутки после заражения по общепринятой шкале (Mains, Jackson, 1926) с модификациями, где 0 – отсутствие симптомов поражения; 0₁ – некротические пятна без пустул; 1 – очень мелкие пустулы, окруженные некрозом; 2 – пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 – крупные пустулы без некроза; е.п. – единичные пустулы восприимчивого типа без некроза; X – на одном листе присутствуют пустулы разных типов. Типы реакции 0, 0₁, 1, 2, е.п. и X соответствуют устойчивости, 3 – восприимчивости.

Соответствие фактических данных по расщеплению в F₂ и F₃ гибридных комбинаций теоретически ожидаемым определяли по критерию χ^2 (Dospikhov, 1985) с помощью оригинальной программы, разработанной в Microsoft Excel 2007 (Tytyshkin, 2010).

Результаты и обсуждение

В F₁ шести комбинаций скрещиваний устойчивых образцов *Ae. speltoides* с восприимчивым к-1596 проростки были резистентны к листовой ржавчине (тип реакции 0), что указывает на доминантный характер наследования устойчивости у всех изучаемых образцов.

Расщепление по устойчивости в F₂ в шести комбинациях не противоречило теоретически ожидаемому при контроле признака доминантным аллелем одного гена (табл. 1).

Для всех изучаемых комбинаций скрещиваний расщепление не противоречило и ожидаемому при контроле устойчивости одним доминантным и двумя комплементарными рецессивными генами устойчивости, а также одним рецессивным и двумя комплементарными доминантными генами резистентности (см. табл. 1).

В то же время в комбинациях скрещиваний образцов к-1000 и к-2279 с восприимчивым образцом расщепления не противоречили и гипотезе о наличии одного доминантного и двух комплементарных (доминантного и рецессивного) генов устойчивости (см. табл. 1). Соответствие полученных расщеплений нескольким теоретическим обусловило необходимость анализа расщепления по изучаемому признаку в поколении F₃.

Соотношение семей F₃ во всех гибридных комбинациях не противоречило теоретически ожидаемому при моногенном контроле высокого уровня ювенильной устойчивости к листовой ржавчине у изучаемых образцов *Ae. speltoides*, ни в одной комбинации это соотношение не соответствовало теоретически ожидаемым при контроле признака резистентности аллелями трех генов (табл. 2).

Во всех комбинациях скрещиваний резистентных образцов между собой в F₂ расщепление по устойчивости отсутствовало: к-1015 × к-1000 (55 R : 0 S), к-1593 × к-1000 (65 R : 0 S), к-1593 × к-1015 (54 R : 0 S), к-2279 × к-1000 (62 R : 0 S), к-2279 × к-1015 (65 R : 0 S), к-2279 × к-1593 (70 R : 0 S), к-2753 × к-1000 (66 R : 0 S), к-2753 × к-1015 (71 R : 0 S), к-2753 × к-1593 (65 R : 0 S), к-2753 × к-2279 (60 R : 0 S), к-2819 × к-1000 (65 R : 0 S), к-2819 × к-1000 (55 R : 0 S), к-2819 × к-1015 (63 R : 0 S), к-2819 × к-1593

(60 R : 0 S), к-2819 × к-2279 (65 R : 0 S), к-2819 × к-2753 (57 R : 0 S), что указывает на идентичность либо сцепленность их генов резистентности. Второе предположение нам кажется маловероятным, поскольку во всех известных случаях интрогрессии генетического материала эгилопсов в мягкую пшеницу у полученных линий был идентифицирован только один ген эффективной ювенильной резистентности к листовой ржавчине (например, *Lr9*, *Lr39*(41), *Lr47*).

Таблица 1. Расщепление по устойчивости к листовой ржавчине в F₂ от скрещивания образцов *Aegilops speltoides*
Table 1. Segregation for resistance to leaf rust in F₂ from the crosses between the *Aegilops speltoides* accessions

Комбинация скрещивания	Соотношение фенотипов R : S		χ^2	P
	фактическое	ожидаемое		
к-1000 × к-1596	68 : 25	3 : 1	0,18	0,50–0,75
		49 : 15	0,61	0,25–0,50
		43 : 21	1,48	0,10–0,25
		51 : 13	2,48	0,10–0,25
к-1015 × к-1596	75 : 33	3 : 1	1,78	0,10–0,25
		49 : 15	3,05	0,05–0,10
		43 : 21	0,25	0,50–0,75
к-1593 × к-1596	65 : 27	3 : 1	0,93	0,25–0,50
		49 : 15	1,79	0,10–0,25
		43 : 21	0,50	0,25–0,50
к-2279 × к-1596	71 : 26	3 : 1	0,17	0,50–0,75
		49 : 15	0,61	0,25–0,50
		43 : 21	1,59	0,10–0,25
		51 : 13	2,53	0,10–0,25
к-2753 × к-1596	61 : 25	3 : 1	0,76	0,25–0,50
		49 : 15	1,52	0,10–0,25
		43 : 21	0,55	0,25–0,50
к-2819 × к-1596	72 : 30	3 : 1	0,74	0,25–0,50
		49 : 15	1,57	0,10–0,25
		43 : 21	0,77	0,25–0,50

Примечание. R – устойчивость, S – восприимчивость.

Таким образом, у образцов *Ae. speltoides* к-1000, к-1015, к-1593, к-2279, к-2753 и к-2819 выявлено по одному, скорее всего, идентичному доминантному гену высокоэффективной ювенильной устойчивости к листовой ржавчине.

Ранее из-за отсутствия восприимчивых к листовой ржавчине образцов *Ae. speltoides* в нашей стране работы по изучению наследования устойчивости не проводились. Нами при изучении образцов *Ae. speltoides* из коллекции генетических ресурсов растений ВИР были выделены три восприимчивые в стадии проростков к болезни формы (Kolesova, 2007). Одна из них (к-1596) была использована в данной работе в качестве восприимчивого отцовского родителя. Отметим, П. М. Жуковский предположил, что именно восприимчивая к листовой ржавчине форма *Ae. speltoides* является донором генома В гексаплоидной пшеницы (Zhukovsky, 1971).

В работе зарубежных авторов также были выделены образцы *Ae. speltoides* (Асс 3577 и Асс 3602), восприимчивые к патотипу листовой ржавчины 77-1 (Singh, Dhaliwal, 2000). Однако при скрещивании их с резистентными формами в F₂ расщепления по устойчивости не наблюдалось. При этом в двух комбинациях скрещиваний из трех восприимчивые образцы были использованы в качестве

материнских форм. Следовательно, этот случай нельзя рассматривать как проявление одной из форм цитоплазматической наследственности. Вероятно, отсутствие восприимчивых растений в гибридных популяциях было связано с методической ошибкой проведения генетического эксперимента.

Таблица 2. Распределение семей F₃ комбинаций скрещивания устойчивых образцов *Aegilops speltoides* с восприимчивым по классам устойчивости к листовой ржавчине

Table 2. Segregation of *Aegilops speltoides* F₃ families for their response to leaf rust

Комбинация скрещивания	Соотношение семей R : RS : S		χ^2	P
	фактическое	ожидаемое		
к-1000 × к-1596	15 : 33 : 17	1 : 2 : 1	0,14	0,75–0,95
		19 : 38 : 7	15,53	< 0,01
к-1015 × к-1596	20 : 43 : 18	1 : 2 : 1	0,41	0,75–0,95
		19 : 38 : 7	10,65	< 0,01
к-1593 × к-1596	15 : 37 : 19	1 : 2 : 1	0,58	0,75
		19 : 38 : 7	18,64	< 0,01
к-2279 × к-1596	13 : 30 : 16	1 : 2 : 1	0,32	0,75–0,95
		19 : 38 : 7	16,01	< 0,01
к-2753 × к-1596	16 : 35 : 18	1 : 2 : 1	0,13	0,75–0,95
		19 : 38 : 7	16,33	< 0,01
к-2819 × к-1596	21 : 45 : 26	1 : 2 : 1	0,59	0,25–0,50
		19 : 38 : 7	28,40	< 0,01

Примечание. R – устойчивые, RS – расщепляющиеся по устойчивости, S – восприимчивые семьи.

В настоящее время в мягкую пшеницу от *Ae. speltoides* переданы гены *Lr28*, *Lr35*, *Lr36*, *Lr47* и *Lr51* (McIntosh et al., 2013); сообщается, что гены *Lr28*, *Lr47* и *Lr51* высокоэффективны в течение многих лет против популяции патогена из Дагестана (Gulyaeva et al., 2018). По нашим данным, гены *Lr28*, *Lr35* и *Lr36* давно неэффективны в проростках против популяций возбудителя ржавчины из России (Tyryshkin et al., 2005), как и ген *Lr51* (не опубликовано), т. е. они не могут обуславливать резистентность к болезни у образцов эгилопса, изучавшихся в данной работе. Таким образом, устойчивые образцы *Ae. speltoides* защищены либо геном *Lr47*, либо геном, пока не представленным в геноме мягкой пшеницы. Для определения идентичности эффективного гена устойчивости к листовой ржавчине изученных образцов *Ae. speltoides* гену *Lr47* в настоящее время разрабатывается модифицированный метод фитопатологического теста.

Заключение

В результате проведенной работы у каждого из шести образцов *Ae. speltoides* из коллекции генетических ресурсов растений ВИР мы идентифицировали один доминантный ген эффективной ювенильной устойчивости к листовой ржавчине. Гены устойчивости образцов либо тесно сцеплены, либо, скорее всего, идентичны. Перспективность привлечения выделенных форм в селекцию пшеницы на иммунитет требует дальнейшего изучения идентичности данного гена известному гену *Lr47*, переданному в геном мягкой пшеницы от *Ae. speltoides*.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0005 «Идентификация и картирование генофонда важнейших сельскохозяйственных культур,

формирование генетических коллекций с ценными для селекции аллелями генов и локусами количественных признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710366-3.

References/Литература

- Dospikhov B. A. Methods of field experiment. Moscow : Agropromizdat, 1985, 352 p. [in Russian] (Доспихов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 352 с.).
- Gill B. S., Raupp W. J. Direct genetic transfer from *Aegilops squarrosa* L. to hexaploid wheat // Crop Sci., 1987, vol. 27, pp. 445–450.
- Gulyaeva E. I., Shaydayuk E. L., Abdullaev K. M. Population genetics study of the wheat leaf rust agent *Puccinia triticina* in Dagestan // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2018, vol. 179, iss. 2, pp. 140–150 [in Russian] (Гультеяева Е. И., Шайдаюк Е. Л., Абдуллаев К. М. Популяционно-генетическое исследование возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia triticina* в Дагестане // Тр. по прикладной, ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179, вып. 2. С. 140–150). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-2-140-150.
- Kolesova M. A. Genetic control of resistance in samples of D-genome *Aegilops* L. species to leaf diseases (leaf rust, septoriosiis, dark-brown leaf spot): thesis of dis. ... cand. of biol. scien. St. Petersburg, 2007. 21 p [in Russian] (Колесова М. А. Генетический контроль устойчивости образцов D-геномной группы рода *Aegilops* L. к листовым болезням (листовая ржавчина, септориоз, темно-бурая листовая пятнистость): автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2007. 21 с.).
- Kolesova M. A., Tyryshkin L. G. Characterization of *Aegilops* L. species for effective resistance to diseases // Achievements of Science and Technology of AIC, 2015, vol. 29, no. 7, pp. 20–23 [in Russian] (Колесова М. А., Тырышкин Л. Г. Характеристика образцов рода *Aegilops* L. по эффективной устойчивости к болезням // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 7. С. 20–23).
- Mains E. B., Jackson H. S. Physiological specialization in leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopath., 1926, vol. 16, no. 1, pp. 89–120.
- McIntosh R. A., Dubcovsky J., Rogers W. J., Morris C., Appels R., Xia X. C. Catalogue of Gene Symbols for Wheat. 2013. <https://wheat.pw.usda.gov/GG2/Triticum/wgc/2013/>
- Merezhko A. F., Erokhin L. M., Yudin A. E. The effective method of cereals pollination: methods. Leningrad, 1973, 11 p. [in Russian] (Мережко А. Ф., Ерохин Л. М., Юдин А. Е. Эффективный метод опыления зерновых культур: метод. указания. Л., 1973. 11 с.).
- Pukhalsky V. A., Lapochkina I. F. Effect of *Aegilops speltoides* Tausch. genotype on chromosome conjugation matter in hybrids obtained with participation of *Triticum aestivum* L. // Cytology and genetics, 1989, vol. 24, no. 3, pp. 24–29 [in Russian] (Пухальский В. А., Лапочкина И. Ф. Влияние генотипа *Aegilops speltoides* Tausch. на характер конъюгации хромосом у гибридов, полученных с участием *Triticum aestivum* L. // Цитология и генетика. 1989. Т. 24, № 3. С. 24–29).
- Singh H., Dhaliwal H. S. Intraspecific genetic diversity for resistance to wheat rusts in wild *Triticum* and *Aegilops* species // Wheat Information Service, 2000, no. 90, pp. 21–30.
- Tyryshkin L. G. Study of genetic control of resistance of grain self-pollinating crops to diseases: methods. St. Petersburg, 2010. 35 p. [in Russian] (Тырышкин Л. Г. Изучение генетического контроля устойчивости зерновых самоопыляющихся культур к болезням: метод. указания. СПб., 2010. 35 с.).
- Tyryshkin L. G. Identification of wheat genes for resistance to leaf rust with use of PCR DNA-markers: reality or artifact // Materials of Int. scient. conf. “Ecology, genetics and breeding at mankind service”. Ulyanovsk, 2011, pp. 48–58 [in Russian] (Тырышкин Л. Г. Идентификация генов устойчивости пшеницы к листовой ржавчине с помощью ПЦР ДНК-маркеров: реальность или артефакт // Материалы межд. научн. конф. «Экология, генетика селекция на службе человечества». Ульяновск, 2011. С. 48–58).
- Tyryshkin L. G., Kolesova M. A., Gashimov M. E., Belousova M. H., Chikida N. N., Panfilova N. A., Alpatyeva N. V. Resistance in samples of *Aegilops* L. and *Triticum* L. species to diseases // Materials of the second all-Russian congress on plant protection “Phytosanitary improvement of ecosystems”. 2005, vol. 1, pp. 568–570 [in Russian] (Тырышкин Л. Г., Колесова М. А., Гашимов М. Э., Белоусова М. Х., Чикида Н. Н., Анфилова Н. А., Алпатьева Н. В. Устойчивость образцов родов *Aegilops* L. и *Triticum* L. к болезням // Материалы второго Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарное оздоровление экосистем». 2005. Т. 1. С. 568–570).
- Zhukovsky P. M. Cultural plants and their relatives. Leningrad : Kolos, 1971, 752 p. [in Russian] (Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. Л. : Колос, 1971. 752 с.).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-111-118

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 633.8:631.52

**И. Н. Коротких¹,
Е. Ю. Бабаева^{1,2},
А. Е. Бурова¹**

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», Россия, 117216, г. Москва, ул. Грина, д. 7, стр.1

e-mail: slavnica241270@yandex.ru

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» ФГАОУВО РУДН Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, e-mail: babaevaelena@mail.ru

Ключевые слова:

лекарственные растения, эхинацея пурпурная, селекция, сорт, перспективный селекционный образец, урожайность сырья, содержание действующих веществ.

Поступление:

14.06.2018

Принято:

10.12.2018

ИТОГИ СЕЛЕКЦИИ *ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH В ЦЕНТРАЛЬНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Актуальность. *Echinacea purpurea* (L.) Moench – многолетнее травянистое растение семейства астровых, интродуцент из Северной Америки. Препараты из лекарственного растительного сырья (ЛРС) эхинацеи пурпурной имеют широкий спектр действия при иммунных патологиях, инфекционных и воспалительных заболеваниях дыхательных путей, мочеполовой системы и опорно-двигательного аппарата. Селекционная работа с *E. purpurea* проводится во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений (Московский регион) с 1996 г. с целью создания сортов, адаптированных к региональным условиям средней России, повышения урожайности и качества сырья методами селекции. **Объекты и методы.** В ходе селекционной работы, проведенной в 2009–2016 гг., коллекционный материал *E. purpurea* размножали вегетативным способом в полевых условиях, селекционный материал размножали посевным и рассадным способом из семян, полученных в условиях контролируемого опыления. В контрольном питомнике второго-пятого года вегетации изучали и оценивали перспективные селекционные образцы в сравнении с контролем (сорт ‘Танюша’). Селекционные образцы (№ 1-09, № 2-09, № 22-09) были получены методом индивидуального отбора на основе образцов биологической коллекции ВИЛАР (№ 79, № 80 и № 38), поступивших в 1998 г. по делектусу из Великобритании. Посев проведен на делянках общей площадью 9,6 м² в 4-кратной повторности. Учет урожайности сырья (надземной части) проводили в фазе начала цветения (первая декада августа), определяли свежую и сухую массу образцов (после 48-часовой вентилируемой сушки при температуре 45°C). Химический анализ сырья на содержание суммы производных оксикоричных кислот в пересчете на цикориевую кислоту выполнен хроматоспектрофотометрическим методом по ВФС 42-2371-94 и ГФ XIII. **Результаты.** По результатам конкурсного сортоиспытания 2014–2016 гг. селекционные образцы по комплексу хозяйственно ценных показателей достоверно превосходили районированный сорт ‘Танюша’: по урожайности сырья на 10–27%, по содержанию и общему сбору действующих веществ в сырье (на 7–18% и 21–80% соответственно), по урожайности плодов на 35–47%. Селекционные образцы характеризовались нормальной адаптированностью к региональным условиям (продолжительность вегетационного периода 174–176 суток, устойчивость к условиям зимнего периода 89–94%). **Заключение.** Образец № 1-09, лучший по комплексу хозяйственно ценных и биологических признаков по результатам конкурсного сортоиспытания, заявлен в государственное сортоиспытание как новый сорт эхинацеи пурпурной ‘Северянка’.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-111-118

ORIGINAL ARTICLE

I. N. Korotkikh¹,
E. Yu. Babaeva^{1,2},
A. E. Burova¹

¹All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR),
7, Grina St., Bldg. 1, Moscow, 117216,
Russia;

e-mail: slavnica241270@yandex.ru

²Peoples' Friendship University of Russia,
6, Miklukho-Maklaya St., Moscow,
117198, Russia;

e-mail: babaeva.elena@mail.ru

Key words:

medicinal plants, *Echinacea purpurea*, breeding, variety, promising breeding accession, the yield of the crude herbal materials, the content of active substances.

Received:

14.06.2018

Accepted:

10.12.2018

BREEDING RESULTS FOR *ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH IN MOSCOW PROVINCE

Background. *Echinacea purpurea* (L.) Moench is a perennial herbaceous plant of the family Asteraceae introduced from North America. Preparations from crude herbal materials of *E. purpurea* have a wide-range effect against pathologies of the immune system, infectious and inflammatory diseases of the respiratory tract, genitourinary system and musculoskeletal system. Breeding work involving *E. purpurea* has been carried out at the All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (Moscow Province) since 1996 with the aim of developing varieties adapted to the regional environments of Central Russia as well as increasing the yield and quality of raw materials by breeding methods. **Objects and methods.** In the process of breeding in 2009–2016, the collection material of *E. purpurea* was propagated vegetatively in the field, while the breeding material was reproduced by sowing and transplanting techniques from the seeds obtained under controlled pollination conditions. In the control nursery of the 2nd–5th years of vegetation, accessions promising for breeding were studied and evaluated by comparing them with the reference (var. 'Tanyusha'). Breeding accessions (Nos. 1-09, 2-09 and 22-09) were obtained by individual selection based on the biological collection of VILAR (Nos. 79, 80 and 38) received in 1998 from the UK (Exchange Seed Fund). Seeds were sown into plots (total area of 9.6 m²) with a 4-fold replication. The yield of crude herbal materials (above-ground part) was registered at the beginning of the flowering phase (the first 10 days of August), and fresh and dry mass of the accessions were measured (after 48-hour ventilated drying at 45°C). Chemical analysis of crude herbal materials was made to find the sum of the derivatives of oxycinnamic acids calculated as chicoric acid using chromatic spectrophotometric techniques according to Temporary Pharmacopoeial Article 42-2371-94 and Private Pharmacopoeial Article in State Pharmacopoeia XIII. **Results.** According to the results of competitive variety trials in 2014–2016, the breeding accessions reliably exceeded the reference 'Tanyusha' in a set of economically valuable parameters: in crude herb yield by 10–27%; in the content and total harvest of active substances in crude herb materials by 7–18% and 21–80%, respectively; and in seed yield by 35–47%. Breeding accessions demonstrated normal adaptability to regional conditions (duration of the growing season was 174–176 days, and winter hardiness reached 89–94%). **Conclusion.** Accession No. 1-09, the best according to a set of economically valuable and biological traits as the results of competitive variety trials have shown, has been submitted to the State Variety Trials as a new cultivar of *E. purpurea* under the name 'Severyanka'.

Введение

Эхинацея пурпурная, *Echinacea purpurea* (L.) Moench – многолетнее травянистое растение семейства астровых, интродуцент из горных районов Северной Америки. В диком виде она встречается в открытых гористых лесах и прериях, расположенных на востоке от северного Техаса, Миссури и Мичигана (Bauer, Wagner, 1990).

В Московском регионе на первом году жизни растения эхинацеи образуют розетку прикорневых листьев, на втором году переходят к массовому цветению и плодообразованию. Культура широко известна своим универсальным использованием как лекарственная, медоносная и декоративная (Samorodov et al., 1996).

От растения получают три вида лекарственного растительного сырья: траву, траву свежую и корневища с корнями. На траву эхинацеи пурпурной существует нормативная документация – частная фармакопейная статья в Государственной фармакопее РФ XIII изд. ФС 2.5.0055.15. На траву эхинацеи пурпурной свежую – ТУ 9373-142-04868244-2008, на корневища с корнями – ТУ 9373-122-04868244-02 (State Pharmacopoeia..., 2015).

Препараты из лекарственного растительного сырья эхинацеи пурпурной имеют широкий спектр действия, в целом способствующий повышению иммунитета (Sencova, Revyakina, 2006; Hobrakova, 2010; Tzu-Tai Lee et al., 2010; Gullledge et al., 2018). Области применения указанных препаратов включают инфекционные и воспалительные заболевания дыхательных путей, мочеполовой системы и опорно-двигательного аппарата (Dobrodeeva, Dobrodeev, 2008; Majdannik et al., 2015). Известны препараты: «Эстифан», «Простанорм», «Эхинацея ВИЛАР» (Sakovich et al., 2010).

Для того чтобы повысить урожайность и качество травы эхинацеи пурпурной, используют разные методы: внесение регуляторов роста и микроудобрений, а также биотехнологические методы (Antipov, 2009; The state register..., 2018).

Наше исследование направлено по пути повышения урожайности и качества сырья методами селекции. Поисковые исследования по созданию исходного и селекционного материала эхинацеи были начаты в ФГБНУ ВИЛАР с 1996 года с целью создания отечественного сорта, адаптированного к условиям произрастания в Нечерноземной зоне РФ. Методом индивидуального отбора из коллекционного образца был создан и в 2006 году запатентован сорт 'Танюша' (Kircova et al., 2006). Показатели урожайности и качества сырья у сортов перекрестноопыляющихся культур со временем снижаются в связи с увеличением числа малоценных морфотипов. Поэтому в ВИЛАР проводится непрерывная улучшающая селекция с привлечением уже созданных сортов.

Нами была продолжена селекционная работа с целью созданию нового сорта эхинацеи пурпурной, превосходящего сорт 'Танюша' по урожайности сырья и содержанию действующих веществ.

Объекты и методы

Экспериментальная часть исследования выполнена на опытном поле ФГБНУ ВИЛАР (Центральный регион Нечерноземной зоны РФ; Московский регион). Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми средне-оподзоленными пылеватыми суглинками (мощностью 80–100 см), подстилаемыми моренными отложениями. Пахотный горизонт мощностью 22–23 см, буровато-серой окраски, мелкокомковатый или комковатый. По гранулометрическому составу почва

пахотного слоя среднесуглинистая. Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов ($> 0,5$ мм) составляет 40–50%. Агрохимические показатели почвы участка составляют: содержание гумуса – 2,1%, pH (по KCl) – 5,5, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) P_2O_5 – 52 мг/кг, обменного калия K_2O – 87 мг/кг. Под основную обработку почвы и ежегодно на переходящих питомниках вносили минеральное удобрение $N_{30}P_{30}K_{30}$ в соответствии с технологией возделывания культуры.

Объектом селекционной работы являлась биологическая коллекция *E. purpurea*. Исходный материал был представлен 30-ю коллекционными образцами разного географического происхождения, полученными по обменному фонду в 1994–1998 гг. и репродуцированными в двух поколениях. Селекционный материал был представлен перспективными селекционными образцами, полученными методом индивидуального клонового отбора на основе образцов биологической коллекции ВИЛАР (№ 79, № 80 и № 38), поступивших в 1998 г. по обменному фонду из Великобритании. Коллекционный материал размножали вегетативным способом в полевых условиях. Селекционный материал эхинацеи размножали в условиях открытого грунта посевным и рассадным способом из семян, полученных в условиях контролируемого опыления. В соответствии со схемой селекционного процесса было проведено изучение и размножение исходного материала (2004–2008 гг.) и селекционного материала (2009–2012 гг.), малое конкурсное сортоиспытание селекционного материала (2012–2016 гг.).

В контрольном питомнике второго-пятого года вегетации изучали и оценивали перспективные селекционные образцы (№ 1-09, № 2-09, № 22-09) в сравнении с контролем (сорт ‘Танюша’). Посев проведен на делянках общей и учетной площадью $9,6\text{ м}^2$ и $4,2\text{ м}^2$ соответственно, в 4-кратной повторности. Учет урожайности травы эхинацеи от растений 2–5 года вегетации осуществлен в четырех повторностях – в посевах и на 25 индивидуальных растениях при срезке надземной части растений (травы) в фазе цветения. Определяли свежую и сухую массу образцов, подсчитывали число побегов образца, разделяли на фракции (2 повторности из 4-х): стебли, листья, соцветия. Определяли свежую и сухую массу фракций. Проводили 48-часовую вентилируемую сушку при температуре 45°C . Влажность высушенного сырья составляла 10–12%. Сбор соплодий проводили в фазе технической спелости (при подсыхании соплодий). Соплодия подсушивали, обмолачивали до отделения семян от цветоложа. Осыпь очищали просеиванием на почвенных ситах с круглым отверстием 5 мм, 3 мм и продольным отверстием 1,5 мм/20 мм. Химический анализ травы эхинацеи на содержание суммы производных оксикоричных кислот в пересчете на цикориевую кислоту (ΣПОКК) выполнен хроматоспектрофотометрическим методом (State Pharmacopoeia, 2015). Устойчивость растений к условиям зимнего периода на переходящих питомниках учитывали по числу живых растений в фазе начала весеннего отрастания розетки прикорневых листьев (в апреле).

Статистическую обработку опытных данных выполняли по методике Б. А. Доспехова (Dospikhov, 1985), с использованием компьютерных программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Сравнительная характеристика селекционных образцов по комплексу хозяйственно ценных и адаптивных показателей в виде ежегодных и усредненных данных за 3 года испытаний (2014–2016 гг.) приведена в таблице.

Данные таблицы характеризуют изучаемые селекционные образцы как высокоурожайные. В 2014 и 2016 гг. все селекционные образцы достоверно

превышали контроль (сорт ‘Танюша’) по урожайности сырья. При этом в 2014 года увеличение составило в среднем 33%, а в 2016 – 27%. В 2015 году существенных изменений по данному показателю нами не отмечено. Максимальное возрастание урожайности по сравнению с контролем независимо от года исследований наблюдали в вариантах у образцов № 1-09 и № 22-09, что составило 24% и 27% соответственно.

Таблица. Сравнительная характеристика перспективных селекционных образцов *Echinacea purpurea* по результатам конкурсного сортоиспытания, в Московском регионе, 2014–2016 гг.

Table. Comparative characteristics of promising *Echinacea purpurea* breeding accessions according to the results of competitive variety trials in Moscow region, 2014–2016

Показатель Parameter	Год опыта Year of experiment	Перспективные селекционные образцы Promising breeding accessions			Контроль, сорт ‘Танюша’ Reference variety ‘Tanyusha’	НСП ₀₅
		№ 1-09	№ 2-09	№ 22-09		
Урожайность сырья (сухой надземной части), г/м ² Yield of crude herbal materials (dry above-ground part), g/m ²	2014	393	345	393	273	11
	2015	403	391	400	375	17
	2016	356	283	336	256	21
	среднее average	384	339	376	301	-
Содержание СПОКК в сырье (надземной части), % Content of DOA in crude herbs (above-ground part), %	2014	4,17	3,63	2,80	3,89	0,030
	2015*	3,96	4,24	3,98	3,64	0,021
	2016	5,51	4,46	5,60	3,95	0,019
	среднее average	4,54	4,11	4,12	3,82	-
Общий сбор СПОКК, г/м ² Total harvest of DOA, g/m ²	2014	16,39	11,52	11,00	10,62	1,7
	2015	15,96	16,58	15,92	13,65	1,9
	2016	19,62	12,62	18,82	10,11	1,9
	среднее average	20,67	13,91	15,25	11,46	-
Урожайность посевного материала, г/м ² Yield of seeds, g/m ²	2014	139	153	163	110	26
	2015	156	156	179	142	26
	2016	313	308	318	195	28
	среднее average	202	205	220	149	-
Продолжительность вегетационного периода, сутки Growing season duration, days	среднее average	175	175	174	176	-
Устойчивость к условиям зимнего периода, % Winter hardiness, %	среднее average	91	89	94	94	-

Примечание: СПОКК – сумма производных оксикоричных кислот в пересчете на цикориевую кислоту; DOA – derivatives of oxcinnamic acids calculated as chicoric acid.

При рассмотрении содержания суммы производных оксикоричных кислот в траве эхинацеи пурпурной следует отметить, что в нормативной документации указывается нижняя граница их содержания (2,5%), поэтому все сырье соответствует требованиям ФС 2.5.0055.15 (State Pharmacopoeia..., 2015). Изучение накопления действующих веществ в сырье показало, что характер данной зависимости по годам исследования не всегда был однозначным и стабильным. Так, в 2014 году только селекционный образец № 1-09 демонстрировал существенное увеличение содержания суммы производных оксикоричных кислот в сравнении с контролем на 0,28%. Иную картину мы наблюдали по итогам 2015–2016 гг., когда сырье, полученное от всех селекционных номеров, имело достоверно большую концентрацию действующих веществ по отношению к сорту ‘Танюша’. Превышение составило по итогам 2015 года в среднем 0,42%, а 2016 – 1,24%. Максимальное накопление суммы производных оксикоричных кислот в среднем за 3 года отмечено у селекционного образца № 1-09, что на 0,42% превышает результаты остальных вариантов и на 0,72% контроль.

Критерием оценки результативности вариантов служит общий сбор суммы производных оксикоричных кислот в расчете г/м². Это комплексный показатель, характеризующий как урожайность сырья, так и накопление в нем действующих веществ (см. таблицу).

Из таблицы следует, что по комплексу показателей лучшим является образец № 1-09. Превосходя контроль по урожайности сырья на 27% и содержанию суммы производных оксикоричных кислот в траве на 0,72%, по общему сбору данный селекционный образец превышает параметры контроля в 1,8 раза. По содержанию суммы производных оксикоричных кислот в траве эхинацеи пурпурной наиболее высокие показатели у образца № 1-09 (рисунок).



Рисунок. Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*) сорт ‘Северянка’ (образец № 1-09): индивидуальное растение (1); генеративный побег (2); соцветия (3)
Figure. Cultivar ‘Severyanka’ of *Echinacea purpurea*: individual plant (1); generative shoot (2); inflorescences (3)

По содержанию действующих веществ в свежем сырье (перерабатываемом на сок) непревзойденным остался сорт ‘Танюша’. Высокий уровень сырьевой продуктивности имеет образец № 22-09 (отбор многостебельной формы из сорта ‘Танюша’), превышая показатели исходной формы на 24%, что обусловлено большим числом побегов.

Но при этом все образцы превосходят контроль по показателям урожайности и качества сырья.

В селекционной работе с интродуцированной культурой, как в случае эхинацеи пурпурной, при создании нового сорта важны не только такие хозяйственно ценные показатели, как урожайность и качество сырья, но и многолетние признаки, свидетельствующие об адаптации исходного и селекционного материала к региональным условиям. Таковыми являются семенная продуктивность, продолжительность вегетационного периода и зимостойкость. Особенно важно выявление данных показателей в том случае, когда исходным материалом для селекции являются коллекционные образцы разного географического происхождения (Majsuradze et al., 1984).

По урожайности семян значительное преимущество показал селекционный образец № 22-09 (на 47% выше контроля) в связи с разветвленностью генеративных побегов и большим количеством соцветий у растений этого образца. Причем урожайность всех образцов увеличивалась с возрастом от третьего к пятому году.

Вегетационный период испытываемых образцов составлял в среднем 174–176 суток, не превышая средней продолжительности вегетационного сезона в Московской области, 200–220 суток (Agro-climatic guide..., 1967). Перспективные образцы № 1-09 и № 22-09 отличались высокой устойчивостью к условиям зимнего периода, сопоставимой с устойчивостью районированного сорта 'Танюша' (91–94% перезимовавших растений), менее устойчив образец № 2-09. Отсутствие различий по показателям продолжительности вегетации и зимостойкости свидетельствует об адаптированности селекционного материала к региональным условиям произрастания.

Заключение

В итоге проведенной в Московской области в 2009–2016 гг. селекционной работы, на основе коллекционных образцов получены и проверены по потомству перспективные селекционные образцы эхинацеи пурпурной. Селекционный материал по комплексу хозяйственно ценных показателей достоверно превосходит районированный сорт 'Танюша': по урожайности на 10–27%, по содержанию и общему сбору действующих веществ в сырье (на 7–18% и 21–80% соответственно), по урожайности семян на 35–47%. Селекционные образцы характеризуются нормальной адаптированностью к региональным условиям. Продолжительность вегетационного сезона составляет 174–176 суток, устойчивостью к условиям зимнего периода обладает 89–94% растений селекционных образцов.

Образец № 1-09, лучший по комплексу хозяйственно ценных и биологических признаков по результатам конкурсного сортоиспытания, заявлен в государственное сортоиспытание как новый сорт эхинацеи пурпурной 'Северянка'.

References/Литература

- Agroclimatic guide to the Moscow region* (Agroklimaticheskij spravocnik po Moskovskoj oblasti). Moscow : Moskovskij rabochij, 1967. 135 p. [in Russian] (Агроклиматический справочник по Московской области. М. : Московский рабочий, 1967. 135 с.).
- Antipov V. I.* The effectiveness of growth regulators and micronutrients on the productivity and quality of raw materials of medicinal plants In the middle Volga region (Effektivnost' reguljatorov rosta i mikroudobrenij na produktivnost' i kachestvo syr'ya lekarstvennyh rastenij v Srednem Povolzh'e): Avtoref. dis... the candidate of agricultural Sciences. Kinel', 2009. 24 p. [in Russian] (*Антипов В. И.* Эффективность регуляторов роста и микроудобрений на продуктивность и качество сырья лекарственных растений в Среднем Поволжье : автореф. дис. ... к. с.-х. н. Кинель, 2009. 24 с.).
- Bauer R., Wagner H.* Echinacea Handbuch für Ärzte, Apotheker und andere Naturwissen schaftler. Stuttgart : Wiss. Verl. Ges, 1990. 182 s.
- Dobrodeeva L. K., Dobrodeev K. G.* Immunomodulators of plant and algal origin: the monograph (Immunomodulyatory rastitel'nogo i vodoroslevogo proiskhozhdeniya: monografiya). Arkhangelsk : Arhang. state tech. UN-t, 2008, 312 p. [in Russian] (*Добродеева Л. К., Добродеев К. Г.* Иммуномодуляторы растительного и водорослевого происхождения: монография. Архангельск : Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. 312 с.).
- Dospikhov B. A.* Methods of field experience (Metodika polevogo opyta), 5th ed. Moscow : Agropromizdat, 1985. 351 p. [in Russian] (*Доспихов Б. А.* Методика полевого опыта. 5-е изд. переработанное и доп. М : Агропромиздат, 1985. 351 с.).
- Gulledge T. V., Collette N. M., Mackey E. et all.* Mast cell degranulation and calcium influx are inhibited by an Echinacea purpurea extract and the alkylamide dodeca-2E,4E-dienoic acid isobutylamide // Journal Ethnopharmacology. 2018 Feb 15; 212. pp. 166–174.
- Hobrakova V. B.* Prospects for the use of means of plant origin for the correction of immunodeficiency (Perspektivy ispol'zovaniya sredstv rastitel'nogo proiskhozhdeniya dlya korrekcii immunodeficitov) //

- Bulletin of East Siberian scientific center SB RAMS. 2010, no. 3, pp. 278–280. [in Russian] (Хобракова В.Б. Перспективы использования средств растительного происхождения для коррекции иммунодефицитов // Бюллетень ВСИЦ СО РАМН. 2010. № 3. С. 278–280).
- Kircova M. V., Konon N. T., Korotkih I. N. *Echinaceae purpurea* (L.) Moench variety Tanyusha». A patent for a breeding achievement No. 42847 from 12.10.2006 g. (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench sort «Tanyusha». Patent na selekcionnoe dostizhenie № 42847 ot 12.10.2006 g.) [in Russian] (Кирицова М. В., Конон Н. Т., Коротких И. Н. Эхинацея пурпурная (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench) сорт «Танюша». Патент на селекционное достижение № 42847 от 12.10.2006 г.).
- Majdannik V. G., Emchinskaya E. A., Troickaya I. V. The efficacy of herbal immunomodulators for diseases of the respiratory tract (Effektivnost' primeneniya rastitel'nyh immunomodulyatorov pri zabolevaniyah respiratornogo trakta) // International journal of Pediatrics, obstetrics and gynecology. 2015, vol. 8, no 1, pp. 124 – 132. [in Russian] (Майданник В. Г., Емчинская Е. А., Троицкая И. В. Эффективность применения растительных иммуномодуляторов при заболеваниях респираторного тракта // Международный журнал педиатрии, акушерства и гинекологии. 2015. Т. 8, №1. С. 124–132).
- Majsradze N. I., Kiselev V. P., Cherkasov O. A. et all. Methods of research in the introduction of medicinal plants (Metodika issledovaniy pri introdukcii lekarstvennyh rastenij). 1984. Moscow : VILAR, 1984, 32 p. [in Russian] (Майсурадзе Н. И., Киселев В. П., Черкасов О. А. и др. Методика исследований при интродукции лекарственных растений. М. : ВИЛАР, 1984. 32 с.).
- Sakovich G. S., Kolhir V. K., Sokol'skaya T. A. et all. Some results of clinical study of drugs and components of Echinacea, the results of safety studies, possible side effects, interaction with other drugs (Nekotorye itogi klinicheskogo izucheniya preparatov i komponentov ehkhinacei, rezul'taty issledovaniya bezopasnosti, vozmozhnye pobochnye ehffekty, vzaimodejstvie s drugimi lekarstvennymi sredstvami) // Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii – Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2010, no. 4, pp. 11–19 [in Russian] (Сакович Г. С., Колхир В. К., Сокольская Т. А. и др. Некоторые итоги клинического изучения препаратов и компонентов эхинацеи, результаты исследования безопасности, возможные побочные эффекты, взаимодействие с другими лекарственными средствами // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2010. № 4. С. 11–19).
- Samorodov V. N., Pospelov S. V., Moiseeva G. F., Sereda A. V. Phytochemical composition of the genus *Echinacea* (*Echinacea* Moench.) and its pharmacological properties. Review (Fitohimicheskij sostav predstavitelej roda ehkhinaceya (*Echinacea* Moench) i ego farmakologicheskie svojstva. Obzor) // Chemical and pharmaceutical journal. 1996, vol. 30, no. 4, pp. 32–37 [in Russian] (Самородов В. Н., Поспелов С. В., Моисеева Г. Ф., Середя А. В. Фитохимический состав представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench) и его фармакологические свойства (обзор) // Хим.-фарм. журн. 1996. Т. 30, № 4. С. 32–37).
- Sencova T. B., Revyakina V. A. Modern immunomodulators in pediatrician practice (Sovremennyye immunomodulyatory v praktike pediatra). Prilozhenie k Rossijskomu allergologicheskomu zhurnalu sbornik statej «Chasto bolelyushchie deti» – Application to the Russian allergological journal collection of Articles "often ill children». Moscow : Farmarus Print, 2006, pp. 32–47 [in Russian] (Сенцова Т. Б., Ревякина В. А. Современные иммуномодуляторы в практике педиатра / Приложение к Российскому аллергологическому журналу сборник статей «Часто болеющие дети». М. : Фармарус Принт, 2006. С. 32–47.).
- State Pharmacopoeia of the Russian Federation Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossijskoj federacii.) XIII edition. 2015. [http // 193.232.7.120 / feml / clinical_ref / pharmacopoeia 2 / HTML / #378](http://193.232.7.120/feml/clinical_ref/pharmacopoeia2/HTML/#378). [in Russian] (Государственная фармакопея РФ XIII изд. 2015. [http // 193.232.7 / 120 / feml / clinical_ref / pharmacopoeia 2 / HTML / #378](http://193.232.7/120/feml/clinical_ref/pharmacopoeia2/HTML/#378)).
- The state register of medicines. 2018 (Gosudarstvennyj reestr lekarstvennyh sredstv). grls.rosminzdrav.ru. [in Russian] (Государственный реестр лекарственных средств. 2018. grls.rosminzdrav.ru).
- Tzu-Tai Lee, Ching-Chiang Huang, Xiao-Hua Shieh et all. Flavonoid, Phenol and Polysaccharide Contents of *Echinacea purpurea* (L.) Moench and Its Immunostimulant Capacity In Vitro // International Journal of Environmental Science and Development. 2010, vol. 1, no. 1, pp. 5–9.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-119-127

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК:634.25:631.52

Л. Д. Комар-Тёмная

ФГБУН «Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»
298648, Россия, г. Ялта, пгт Никита,
Никитский спуск, 52
e-mail: larissadkt@mail.ru

Ключевые слова:

Prunus persica, *P. davidiana*, *P. mira*,
P. kansuensis, *P. dulcis*,
фенотипическое разнообразие,
отличимость.

Поступление:

13.07.2018

Принято:

10.12.2018

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
ДЕКОРАТИВНЫХ СОРТОВ ПЕРСИКА ПО ПРИОРИТЕТУ**

Актуальность. Отличительные морфологические признаки и их градации для сортов *Prunus persica* (L.) Batsch (= *Persica vulgaris* Mill.) в большей степени отражают диапазон изменчивости сортов персика плодового назначения. Декоративные сорта персика имеют свои оригинальные особенности, прежде всего касающиеся количественных и качественных характеристик цветка. Использование дикорастущих видов персика и миндаля в селекции на декоративность существенно расширило диапазон варьирования морфологических признаков сортов, определило появление их новых градаций. В связи с этим периодическая ревизия таблиц морфологических признаков, применяемых при оценке сортов, является актуальной задачей. **Материалы и методы.** Работа выполнялась на базе коллекции декоративного персика Никитского ботанического сада. Изучение основных морфологических характеристик сортов проводилось по методикам испытания сортов персика Госкомиссии РФ, UPOV, Классификатору рода *Persica* Mill. и Методике проведения экспертизы сортов персика декоративного. **Результаты.** Анализ состава коллекции по основным декоративным и морфологическим признакам показал, что ее формовое разнообразие представлено 5 градациями высоты дерева, 4 – силы роста дерева, 5 – габитуса, 10 – окраски венчика, 5 – степени махровости цветка, 9 – форме цветка, 4 – окраске листьев, 8 – сроков цветения и других признаков. Это позволило уточнить таблицы морфологических признаков для описания сортов декоративного персика при их оценке на отличимость. Добавлено 25 признаков с комплексом градаций и 22 новые градации признаков дерева, побега, цветка, которых не было в Методиках испытания персика Госкомиссии РФ и UPOV (1995 г.), 31 признак и 23 градации – в новой Методике UPOV, 1 признак и 16 новых градаций – в Методике проведения экспертизы сортов персика декоративного. **Выводы.** Выявленные новые признаки и градации, отсутствующие в ранее принятых методиках экспертизы, расширяют представления об изменчивости декоративного персика. 31 признак, характеризующий общий декоративный облик растения в период цветения, был отнесен к признакам первого приоритета. 6 из них (высоту и габитус дерева, окраску, форму и степень махровости цветка, срок цветения) рекомендуется использовать для группировки сортов.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-119-127

ORIGINAL ARTICLE

L. D. Komar-Tyomnaya

The Nikita Botanical Gardens – National
Scientific Center of the RAS,
52, Nikitsky Spusk, Nikita Settlement,
Yalta, 298648, Russia;
e-mail: larissadkt@mail.ru

Key words:

Prunus persica, *P. davidiana*, *P. mira*,
P. kansuensis, *P. dulcis*, phenotypic
diversity, distinctness

Received:

13.07.2018

Accepted:

10.12.2018

**DISTRIBUTION OF MORPHOLOGICAL TRAITS IN
ORNAMENTAL PEACH CULTIVARS ACCORDING TO
THEIR PRIORITY**

Background. Distinguishing morphological traits of peach varieties (*Prunus persica* (L.) Batsch) and their gradations to a greater extent reflect the range of variability characteristic of the peach cultivars grown for fruit. Ornamental peach cultivars have their original features, especially as far as quantitative and qualitative characteristics of the flower are concerned. The use of wild peach and almond species in breeding for decorative purposes significantly widened the range of morphological variation in cultivars and invoked new gradations of their morphological traits. Therefore, it is vital to revise periodically the tables of morphological characters used in the assessment of cultivars. **Materials and methods.** The work was based on the ornamental peach collection maintained at the Nikita Botanical Gardens. Main morphological traits of cultivars were studied using the peach variety testing guidelines of the Russian State Variety Testing Commission, UPOV Guidelines, the Descriptor List of the Genus *Persica* Mill., and Expert Examination Methods for Ornamental Peach Varieties. **Results.** Analysis of the collection according to the main ornamental and morphological traits showed that its diversity in form is represented by 5 grades of tree height, 4 of tree vigor, 5 of tree habit, 10 of corolla color, 5 of double-flowering degree, 9 of flower shape, 4 of leaf color, 8 of flowering time, etc. This allowed us to adjust the tables of morphological characters for describing ornamental peach cultivars when they are assessed for their distinctness, and add new data, namely: 25 new traits with a set of grades and 22 new grades of tree, shoot and flower descriptors, which were absent in the peach testing guidelines of the Russian State Commission and UPOV (1995); 31 traits and 23 grades were added to the new UPOV Guidelines; and 1 trait and 16 new grades to the Expert Examination Methods for Ornamental Peach Varieties. **Conclusions.** The identified new traits and gradations, which were absent in the previously accepted expert examination procedures, expand the conception of ornamental peach variability. Thirty-one traits characterizing the plant's overall ornamental appearance during the flowering period were classified as first-priority traits; six of them (tree height, tree habit, flower color, flower shape, double-flowering degree and flowering time) are recommended for classifying cultivars into groups.

Введение

Декоративные персики – это эффектные красивоцветущие деревья с розовыми, белыми, красными или пестрыми цветками, распускающимися обычно в начале или в середине весны. Их родиной является Китай, откуда они распространились по всему миру в те регионы, где можно выращивать персик. Их культура насчитывает не одну тысячу лет, так же, как и культура плодовых сортов персика. Их морфологическое разнообразие формировалось, прежде всего, исходя из понятий красоты и не требовательности к вкусу и качеству плодов.

Декоративные сорта имеют свои оригинальные особенности, прежде всего касающиеся количественных и качественных характеристик цветка. Установленные UPOV морфологические признаки и их градации для сортов *Prunus persica* (L.) Batsch (= *Persica vulgaris* Mill.) в большей степени отражают диапазон изменчивости сортов персика плодового назначения и насчитывают 68 признаков, 32 из которых относятся к признакам плода (UPOV, 1995). Этот документ используется при проведении испытаний сортов персика на отличимость, однородность и стабильность в России (Guidelines..., 2000). В новом документе UPOV приводится 70 признаков, из которых к признакам плода относятся 35 (UPOV, 2010). Разработан также Priority Descriptors for Peach, в котором признаки расположены в приоритетном порядке в зависимости от их хозяйственной полезности (Giovannini et al., 2013). В нем приводится список из 23 признаков первого приоритета и 14 – второго. Из них к признакам плода относятся 18 в первом списке и 6 во втором. При этом в данном документе приводится больше биологических особенностей персика (отношение к болезням и химические показатели плодов), так же, как и в Peach specific descriptors (ЕСPGR, 2011).

Известно, что генофонд сортов персика характеризуется сравнительно узкой генетической основой из-за ограниченного количества генотипов, привлекаемых в селекционные программы (Yoon et al., 2006). Более широкое использование дикорастущих видов персика и миндаля в селекции на декоративность существенно расширило диапазон варьирования морфологических признаков, определило появление их новых градаций (Комар-Тюмнауа, 2015).

Классификация сортов и описательных стандартов морфологических признаков для декоративного персика уже предпринималась ранее (Xiuying, 1995, Комар-Тюмнауа, 2007; Ну, 2010), но требует обновления. Отбор сортов с новыми морфологическими параметрами, имеющими декоративное значение и характеризующими их отличимость и оригинальность, является одной из задач селекции декоративного персика. В связи с этим, целью данной работы явилось изучение фенотипического разнообразия основных морфологических признаков декоративных генотипов персика на основе генофонда Никитского ботанического сада, выявление их новых градаций, приоритетное выделение морфологических признаков, имеющих декоративное значение, формирование наиболее полной таблицы признаков для их систематизации, описания и оценки декоративных культиваров на отличимость.

Материалы и методы

Работа выполнена на образцах коллекции декоративных персиков Никитского ботанического сада, которая является крупным собранием этой группы растений в мире. Количество культиваров в коллекции колеблется от 85 до 110 и более в разные годы в зависимости от перспективности имеющихся в ней образцов по тем или иным параметрам. Коллекция постоянно пополняется за счет новых

генотипов, отобранных в результате селекционных работ или интродукции (Komar-Tyomnaya, 2018). В настоящее время генофонд этой коллекции основан на формовом разнообразии *Prunus persica* (= *Persica vulgaris* Mill.) и полученных от него гибридов с *P. davidiana* (Carriere) Franch. (= *Persica davidiana* Carriere), *P. mira* Koehne (= *Persica mira* (Koehne) Kovalev & Kostina), *P. kansuensis* Rehder (= *Persica kansuensis* (Rehder) Kovalev & Kostina), *P. dulcis* (Mill.) D.A. Webb [syn. *P. amygdalus* L. (= *Amygdalus communis* L.)]. В нем представлены лучшие декоративные образцы с основными морфотипами по признакам цветка, листьев и кроны, с комплексом адаптивных признаков, в том числе зимостойкие и устойчивые к грибным болезням (Smykov, Komar-Tyomnaya et al., 2015, Komar-Tyomnaya, 2016). Генетическое разнообразие некоторых генотипов коллекции было показано нами ранее (Komar-Tyomnaya, Trifonova, 2016).

Изучение основных морфологических характеристик проводилось по методике Госкомиссии РФ (Guidelines..., 2000), основанной на методике UPOV (UPOV, 1995), модификации последней (UPOV, 2010), Классификатору рода *Persica* Mill. (Chloptseva et. al., 1998) и нашей методике, сделанной ранее для декоративных сортов с учетом предыдущих источников (Komar-Tyomnaya, 2007).

Результаты и обсуждение

По аналогии с Priority Descriptors for Peach (Giovannini, 2013), мы разделили морфологические признаки декоративных персиков по приоритету.

Учитывая фенотипическое разнообразие видов и культиваров декоративного персика и роли, которые они могут играть в городском озеленении и элементах ландшафтного дизайна, признаками первого приоритета, прежде всего, должны быть морфологические признаки дерева и цветка, а также срок цветения, окраска побегов и листьев, плотность и характер расположения генеративных почек на побегах, т. е. признаки, которые формируют общий декоративный облик растения в период цветения (табл. 1).

Высота дерева (признак № 1) и габитус (№ 3) определяют пространство, которое оно может занимать в структуре насаждений, а сила роста (№ 2) – время, за которое это произойдет. Высота деревьев в коллекции варьирует от 0,7 м у карликов до 10–12 м у гибридных сортов. Они характеризуются наибольшей степенью слаборослости и сильнорослости. Причем у гибридов, как правило, крона имеет раскидистую форму. Более 50% культиваров среднерослые, с кроной различных геометрических очертаний от колонновидной до полураскидистой или раскидистой, 14% – слаборослые растения с плакучей формой кроны. Высоту дерева и форму кроны (габитус) следует считать групповыми признаками.

Окраска побегов (№ 4) придает дереву дополнительный оттенок в период цветения и на первый взгляд не является слишком важной. Но так как этот признак сопряжен с окраской цветка, мы посчитали возможным включить его в группу первого приоритета. У декоративных культиваров персика мы обнаружили большее разнообразие окраски побегов, чем у плодовых сортов. У пестроцветковых культиваров они могут быть желтовато-зелеными или иметь дополнительные антоциановые пятна или штрихи, у потомков *P. davidiana* и *P. mira* побеги коричневые. В методиках UPOV, а также в нашей ранней методике (Komar-Tyomnaya, 2007) отмечается наличие (отсутствие) и интенсивность антоциановой окраски, другие варианты отсутствуют.

Показателем обильности цветения является плотность расположения генеративных почек на единицу длины побега, например, на 20 см (№ 5). Оно варьирует от 10 (очень редко) до 25 и более почек на 20 см побега (очень густо).

Признаки цветка определяют декоративность цветущих деревьев, поэтому их число больше, чем для других морфологических структур (№ 6-28). Некоторые из них целесообразно использовать для группировки сортов.

Таблица 1. Морфологические признаки декоративного персика первого приоритета
Table 1. First-priority morphological traits of ornamental peach.

№	Признак	Степень проявления признака
1	Дерево: высота*	очень низкое (карлик) / низкое / среднее / высокое / очень высокое
2	Дерево: сила роста	очень слабое ^{0,1,2} / слаборослое / среднерослое / сильнорослое
3	Дерево: форма кроны (габитус)*	колонновидная ² / округлая ¹ / обратно-конусовидная ¹ / раскидистая / плакучая / иная ¹
4	Цветоносный побег: окраска ^{0,1,2}	зеленая / желто-зеленая / желто-зеленая с штрихами и пятнами / коричневая / зеленовато-бордовая / бордово-зеленая / бордовая / фиолетовая
5	Цветоносный побег: плотность расположения генеративных почек (на 20 см длины побега ^{0,1})	очень редко / редко / умеренно / густо / очень густо ^{0,2}
6	Цветок: степень махровости* ^{0,1}	немахровый (простой) / склонный к махровости ² / полумахровый / махровый / густомахровый (помпонный)
7	Цветок: форма* ^{0,1}	уплощенный / блюдцевидный / чашевидный / колоколовидный / широкохризантемовидный ² / хризантемовидный / узкохризантемовидный ² / уплощенно-хризантемовидный ² / помпонный
8	Чашечка: форма ^{0,1}	колоколовидная / бокаловидная / иная
9	Чашечка: высота ^{0,1}	низкая / средняя / высокая
10	Чашечка: ширина ^{0,1}	узкая / средняя / широкая
11	Чашечка: окраска с внешней стороны ^{0,1}	зеленая / бордово-зеленая / зеленовато-бордовая / бордовая
12	Чашелистики: число ^{0,1}	четыре-пять / пять / десять
13	Чашелистики: форма ^{0,1}	треугольная / закругленно-треугольная / удлинненно-треугольная / яйцевидная / иная
14	Чашелистики: длина ^{0,1}	короткие / средние / длинные
15	Чашелистики: окраска с внешней стороны ¹	зеленая / бордово-зеленая / зеленовато-бордовая / бордовая
16	Цветоножка: длина ¹	короткая / средняя / длинная
17	Венчик: размер ^{0,1}	мелкий / средний / крупный
18	Венчик: преобладающая окраска в начале цветения* ¹	белый / бледно-розовый ⁰ / светло-розовый / светло-сиренево-розовый ^{0,1} / пурпурно-розовый / фиолетово-розовый / пурпурно-красный / пестрый (белый с розовыми и красными штрихами ²) ^{0,1} / пестрый (розовый с красными или белыми штрихами ²) ^{0,1} / пестрый (красный с розовыми цветками ²) ^{0,1}
19	Лепестки: число	пять / больше пяти / больше 15 ^{0,1} / больше 25 ^{0,1} / больше 50 ^{0,1}
20	Лепесток: форма (внешний круг)	округлая / широко-округлая ^{0,1} / полукруглая с вытянутым основанием ^{0,1} / округло-ромбовидная ^{0,1} / яйцевидная / обратно-яйцевидная ^{0,1} / широко-обратно-яйцевидная ^{0,1} / овальная / широкоовальная / ланцетовидная ^{0,1,2}
21	Лепесток: форма (внутренний круг) ^{0,1}	округлая / широкоокруглая / полукруглая с вытянутым основанием / округло-ромбовидная / яйцевидная / обратно-яйцевидная / широко-обратно-яйцевидная / овальная / широкоовальная / ланцетовидная ^{0,1,2}
22	Лепесток: вогнутость ^{0,1}	вогнутая / согнута лодочкой / согнута ложечкой / смешанная
23	Лепесток: гофрированность ^{0,1}	слабая / средняя / сильная
24	Лепестки: сомкнутость (для немахровых цветков) ⁰	несомкнутые / сомкнутые / заходящие средние / заходящие сильно
25	Лепесток: окраска ноготка в конце цветения ^{0,1}	белая / светло-розовая / пурпурно-розовая / темно-пурпурно-розовая / пурпурно-красная / пурпурная
26	Тычинки: расположение в конце цветения ^{0,1}	скучены / растопырены средне / растопырены сильно
27	Тычинки: окраска в конце цветения ^{0,1}	белая / светло-розовая / пурпурно-розовая / пурпурно-красная / пурпурная
28	Пыльники: окраска в начале цветения ^{0,1}	желтые или светло-желтые / желтовато-красные / красные / коричнево-красные
29	Листовая пластинка: окраска	желтовато-зеленая / зеленая / пурпурно-красная / пестрая ^{0,1,2}
30	Срок начала цветения*	зимнецветущие ^{0,1,2} / очень ранние / ранние / ранне-средние ^{0,1,2} / средние / средне-поздние ^{0,1,2} / поздние / очень поздние
31	Продолжительность цветения ¹	короткое / средней длительности / длинное

* – групповые характеристики.

⁰ – признаки, отсутствующие в документе UPOV TG 53/6, 1995 и в методике Госкомиссии РФ (Guidelines..., 2000).

¹ – признаки, отсутствующие в документе UPOV TG 53/7, 2010.

² – признаки, отсутствующие в Методике проведения экспертизы сортов персика декоративного (Komar-Tyomnaya, 2007).

Это степень махровости (№ 6), форма цветка (№ 7), размер и окраска венчика (№ 17 и № 18), срок цветения (30). Более 60% культиваров нашей коллекции характеризуются полумахровыми цветками (15–25 лепестков), 19% имеют махровые цветки (25–60 лепестков), у 2 гибридов число лепестков доходит до 100 и более и формирует шаровидную (помпонную) форму венчика. Есть эффектные гибриды с простым 5-лепестковым цветком или склонным к махровости (6–15 лепестков), их 16%. Окраска венчика варьирует от белой (21% сортов) до пурпурно-красной (16%). Большинство сортов характеризуется различными оттенками пурпурно-розового цвета (53%). Особую группу представляют собой пестроцветковые сорта (10%) с двумя или тремя типами сочетания окрасок: 1 – основной фон белый, 2 – основной фон пурпурно-розовый, 3 – основной фон пурпурно-красный.

При классификации формы цветка мы взяли за основу градации, принятые для персика (Khloptseva et al., 1988). Форма цветка в ней определяется в зависимости от степени его раскрытия и положения лепестков относительно центральной оси. В коллекции имеются сорта нескольких типов формы цветка. Плоская форма (лепестки располагаются перпендикулярно центральной оси) встречается у отдаленных гибридов с простым цветком (их в коллекции 3%). Цветки с открытым центром блюдцевидной (22%), чашевидной (36%), колоколовидной (9%) формы характерны для полумахровых сортов. Цветки с закрытым центром широкохризантемовидной (5%), хризантемовидной (13%), узкохризантемовидной (2%) и помпонной (2%) формы характерны для махровых и помпонных сортов. Встречается еще переходный тип формы цветка – уплощенно-хризантемовидная (8%). Немаловажное значение для формы цветка имеет форма лепестков. Так, у цветков чашевидной и блюдцевидной формы часто наблюдаются округлые в разной степени лепестки, а у хризантемовидной формы – овальные, ланцетовидные (узкохризантемовидная форма цветка) или широкообратно-яйцевидные (широкохризантемовидная форма цветка).

По срокам цветения декоративные персики могут быть объединены в 8 групп: зимнецветущие (начало цветения – с конца февраля в условиях ЮБК), очень ранние (с конца II – начала III декады марта), ранние (с конца III декады марта), раннесредние (с конца марта – начала апреля), средние (с I декады апреля), среднепоздние (со II декады апреля), поздние (с середины II декады апреля), очень поздние (с конца II – начала III декады апреля). Разница между началом цветения сортов в группах составляет не менее 5–7 дней. Большинство сортов коллекции цветет в средние (43%), среднепоздние (24%) и ранние сроки (14%). От 2 до 6% сортов зацветает зимой, рано весной или очень поздно – с конца II декады апреля, но именно они расширяют диапазон цветения декоративных персиков.

Обычно персик характеризуется зелеными листьями. Однако, учитывая наличие оригинальных краснолистных и пестролистных культиваров (3%), мы сочли необходимым включить этот дополнительный колористический признак (№ 29), проявляющийся во второй половине цветения, в группу признаков первого приоритета.

Морфологические признаки, имеющие важное систематическое значение, но второстепенное с точки зрения декоративности, были отнесены к признакам второго приоритета (табл. 2). Среди них мы оставили тип цветка. Подавляющее большинство культиваров декоративного персика характеризуется розовидным цветком как более крупным и декоративным. В нашей коллекции имеется только один полумахровый культивар с колокольчатым цветком. В литературе сведений о декоративных сортах персика с колокольчатым цветком мы не встречали. Этот признак имеет большее значение при гибридизации, классификации и в селекции.

Признаки плода мы в данной работе не рассматриваем, т. к. они подробно указаны в документах UPOV (UPOV, 1995, 2010) и Peach Descriptor (Giovannini et al., 2013). Хотя привлечение в скрещивания генотипов, отдаленных по происхождению, будет способствовать появлению новых морфологических характеристик плода и косточки.

Таблица 2. Морфологические признаки декоративного персика второго приоритета
Table 2. Second-priority morphological traits of ornamental peach

№	Признак	Степень проявления признака
1	Дерево: окраска коры штамба ^{0,1}	серая / темно-серая / буро-серая / бурая / иная
2	Дерево: поверхность коры скелетных ветвей ^{0,1}	гладкая / морщинистая / шелушащаяся
3	Дерево: плотность размещения чечевичек ^{0,1}	очень редко / редко / умеренно / густо / очень густо
4	Цветоносный побег: толщина (без плодовых веточек)	тонкий / средний / толстый
5	Цветоносный побег: длина междоузлий	очень короткие / короткие / средние / длинные
6	Цветоносный побег: характер размещения генеративных почек в междоузлиях ¹	одиночные / по две и больше
7	Бутон: форма верхушки ¹	плоскоокруглая ² / округлая / заостренная
8	Цветок: тип	колокольчатый / розовидный
9	Чашечка: окраска с внутренней стороны ¹	белая / зеленовато-белая / желтовато-белая / беловато-зеленая / желтовато-зеленая / зеленовато-желтая / светло-желтая / желтая / оранжевая
10	Лепесток: длина ¹ (внешний круг)	очень маленькая / маленькая / средняя / большая / очень большая
11	Лепесток: ширина (внутренний круг)	очень маленькая / маленькая / средняя / большая / очень большая
12	Тычинки: количество	малое / среднее / большое
13	Тычинки: положение относительно лепестков	ниже / на одном уровне / выше
14	Тычинки: расположение в конце цветения ¹	сжаты / растопырены средне / растопырены сильно
15	Пыльники: наличие пыльцы	отсутствует / имеется
16	Рыльце: положение относительно пыльников	ниже / на одном уровне / выше
17	Столбик: опушение	отсутствует / опушен до половины от основания / опушен больше половины от основания
18	Завязь: опушение	отсутствует / имеется
19	Листовая пластинка: форма	широколанцетовидная / удлинено-ланцетовидная / удлинено-яйцевидная
20	Листовая пластинка: длина	короткая / средняя / длинная
21	Листовая пластинка: ширина	узкая / средняя / широкая
22	Листовая пластинка: отношение длины к ширине	низкое / среднее / большое
23	Листовая пластинка: форма на поперечном срезе (профиль)	вогнутая / плоская / выпуклая
24	Листовая пластинка: загиб верхушки	отсутствует / имеется
25	Листовая пластинка: угол у основания	острый / почти прямой / тупой
26	Листовая пластинка: угол у верхушки	маленький / средний / большой
27	Черешок листа: длина	короткий / средний / длинный
28	Черешок листа: наличие железок	отсутствуют / имеются
29	Черешок листа: форма железок	округлые / почковидные / смешанные ^{0,1}
30	Черешок листа: преобладающее число железок	две / больше двух
31	Срок листопада ⁰	очень ранний / ранний / средний / поздний / очень поздний

⁰ – признаки, отсутствующие в документе UPOV TG 53/6, 1995 и в методике Госкомиссии РФ (Guidelines..., 2000).

¹ – признаки, отсутствующие в документе UPOV TG 53/7, 2010.

² – признаки, отсутствующие в Методике проведения экспертизы сортов персика декоративного (Котар-Томпауа, 2007).

В целом для оценки отличимости сортов декоративного персика по сравнению с сортами плодового назначения добавлено 25 признаков с комплексом градаций и 22 новых градации признаков дерева, побега, цветка, отсутствующие в Методиках испытания персика (UPOV, 1995; Guidelines..., 2000), 31 признак и 23 градации,

отсутствующие в новой Методике UPOV (UPOV, 2010). В связи с появлением новых образцов в коллекции, характеризующихся не встречающимися ранее морфологическими признаками или какими-либо их градациями, таблица признаков декоративного персика, составленная нами ранее (Комар-Тюмнава, 2007), была дополнена 1 признаком и 16 новыми градациями.

Заключение

На основании выявленного формового разнообразия обновленной коллекции декоративного персика Никитского ботанического сада по основным декоративным и морфологическим признакам уточнены таблицы морфологических признаков для описания сортов при их оценке на отличимость. В их основу легли морфологические параметры плодовых сортов, которые были дополнены, изменены или исключены применительно к декоративным. Таблицы содержат 62 признака, выраженные в 258 градациях, причем 34 признаками характеризуются структуры цветка. Выявлены новые признаки и градации, отсутствующие в ранее принятых методиках экспертизы, расширяющие представления об изменчивости декоративного персика. К признакам первого приоритета был отнесен 31 признак, характеризующий общий декоративный облик растения в период цветения. 6 из них (высоту и габитус дерева, окраску, форму и степень махровости цветка, срок цветения) рекомендуется использовать для группировки сортов.

Работа выполнена при поддержке программы Российского научного фонда № 14-50-00079.

References /Литература

- ECPGR. The European *Prunus* Database. A new list of *Prunus* passport data and descriptors. 2011, 24 p. Giovannini D., Liverani A., Bassi D., Lateur M. ECPGR Priority Descriptors for Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]. ECPGR. Draft version 1 – august 2013.
- Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability. *Prunus persica* (L.) Batsch. [in Russian] (Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Персик, нектарин. *Prunus persica* (L.) Batsch. RTG/0053/1. Госкомиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений, 2000. С. 296–306).
- Hu D. Ornamental peaches. Zhongguo lin ye chu ban she, Beijing, 2010.
- Komar-Tyomnaya L. D. Method of estimation in ornamental peach for distinctness, uniformity and stability. Ohorona prav na sorty roslyn. 2007, 3(1), pp. 145–156 [in Ukrainian] (Комар-Тёмная Л. Д. Методика проведения экспертизы сортов персика декоративного *Persica mira* Koehne, *P. davidiana* (Carr.) Franch, *P. kansuensis* Rehd. на відмінність, однорідність і стабільність // Охорона прав на сорти рослин. Київ, 2007. Вип. 1, ч. 3. С. 145–156).
- Komar-Tyomnaya L. D. Use of Wild Species in Ornamental Peach Breeding. Acta Horticulturae, 2015, 1087, pp. 415–421. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1087.56.
- Komar-Tyomnaya L. D. The trait collection of ornamental peach from Nikita Botanical gardens. Materials of the Sixth International Scientific Conference "Biological Diversity. Introduction of plants". June 20–25, 2016, St. Petersburg, Russia, pp. 155–157 [in Russian] (Комар-Тёмная Л. Д. Признаковая коллекция декоративного персика Никитского ботанического сада // Материалы Шестой Международной научной конференции «Биологическое разнообразие. Интродукция растений». 20–25 июня 2016 г., г. Санкт-Петербург, Россия. С. 155–157).
- Komar-Tyomnaya L. D., Trifonova A. A. Genetic diversity of ornamental peach from Nikita Botanical Gardens collection studied by AFLP-analysis. Book of proceedings. VII International Scientific Agriculture Symposium. Jahorina, Oktober 06–09, 2016, pp. 136–141.
- Komar-Tyomnaya L. D. The main directions and results of ornamental peach breeding in the Nikita Botanical Gardens. Acta Horticulturae, 2018, 1201, pp. 535–540. DOI:10.17660/ActaHortic.2018.1201.71.
- Smykov A. V., Komar-Tyomnaya L. D., Gorina V. M., Shoferistov E. P., Fedorova O. S., Shishova T. V., Korzin V. V., Tsyupka S. Yu., Ivashchenko Yu. A. Stone fruits crops genefund collections of the Nikita Botanical Gardens // Nauchnye zapiski prirodnogo zapovednika «Mys Martiyan». 2015, iss. 6, pp. 164–

- 228 [in Russian] (Смыков А. В., Комар-Темная Л. Д., Горина В. М., Шоферистов Е. П., Федорова О. С., Шишова Т. В., Корзин В. В., Цюпка С. Ю., Иващенко Ю. А. Генофондовые коллекции косточковых культур Никитского ботанического сада // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». 2015. Вып. 6. С. 164–228).
- UPOV. Guidelines for the conduct of test for distinctness, uniformity and stability. Peach, nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch.) TG 53/6. 1995.
- UPOV. Guidelines for the conduct of test for distinctness, uniformity and stability. Peach (*Prunus persica* (L.) Batsch.) TG 53/7. 2010.
- Khloptseva I. M., Sharova N. I., Kornejchuk V. A. A wide unified classification of the UEMA of the genus *Persica* Mill. / Nauchno-tehnicheskij sovet stran-chlenov SEV. VIR im. N. I. Vavilova. Leningrad, 1988, 48 p. [in Russian] (Хлопцева И. М., Шарова Н. И., Корнейчук В. А. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Persica* Mill. / Научно-технический совет стран-членов СЭВ. ВИР им. Н.И. Вавилова. Л., 1988. 48 с.).
- Xiuying Z. The second report in the classification of ornamental peach-blossom cultivars // Acta Horticulturae, 1995, 404, pp. 102–109. DOI: 10.17660/ActaHortic.1995.404.17.
- Yoon J., Liu D., Song W., Liu W., Zhang A., Li S. Genetic Diversity and Ecogeographical Phylogenetic Relationships among Peach and Nectarine Cultivars Based on Simple Sequence Repeat (SSR) Markers // J. Amer. Soc. Hort. Sci., 2006, 131 (4), pp. 513–521.

УДК:581.4

Т. Н. Смекалова,
Н. В. Лебедева,
Л. Ю. Новикова,
А. В. Любченко

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

Ключевые слова:

топинамбур, *Helianthus tuberosus* L.,
морфологические особенности,
соцветие, цветок.

Поступление:

08.09.2018

Принято:

10.12.2018

Т. N. Smekalova,
N. V. Lebedeva,
L. Yu. Novikova,
A. V. Ljubchenko

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

Key words:

Jerusalem artichoke, *Helianthus
tuberosus* L., inflorescence,
morphological features.

Received:

08.09.2018

Accepted:

10.12.2018

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЦВЕТИЙ ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) ПО МАТЕРИАЛАМ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Актуальность. Топинамбур – *Helianthus tuberosus* L. – ценное кормовое, пищевое, техническое и лекарственное растение. Изучение биологических, географических, экологических, таксономических и других особенностей вида актуально, своевременно и необходимо, прежде всего, для выявления изменчивости комплекса признаков, разработки внутривидовой системы и разработки методики изучения морфологических признаков топинамбура. Одним из базовых составляющих таких исследования является анализ морфологических особенностей соцветия и цветка. **Материалы и методы.** Материалом для исследований послужила коллекция топинамбура, сохраняемая в живом виде на филиале Майкопская опытная станция ВИР. Анализировались соцветия 58 образцов по одиннадцати признакам. Статистический анализ проведен с использованием пакета StatSoft Statistica 13.0. **Результаты и выводы.** Максимальные различия между группами, сформированными по географическому происхождению, были выявлены по числу соцветий на растении и ложноязычковых цветков в соцветии. Длина трубчатых цветков была константна в пределах вида и может быть использована в качестве диагностического признака. Наиболее оригинальным по совокупности признаков был образец 'Сахалинский красный 4' (Япония).

ORIGINAL ARTICLE

MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE INFLORESCENCE IN JERUSALEM ARTICHOKE (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION

Background. Jerusalem artichoke (*Heliánthus tuberósus* L.) is a valuable crop grown for feed, food, industrial and medicinal purposes. Studying biological, geographic, environmental, taxonomic and other features of this species is a vital task, whose solution will help, first of all, to disclose the variability of its traits, develop its intraspecific system, and work out methods for researching into the morphology of Jerusalem artichoke. Analyzing morphological features of its inflorescence and flower is one of the basic components of such a study. **Materials and methods.** The material for the research was the collection of Jerusalem artichoke maintained in a live condition at Maikop Experiment Station. The inflorescences of 58 accessions were analyzed to investigate eleven traits. Statistical analysis was carried out using StatSoft's Statistica 13.0 software package. **Results and conclusion.** The greatest differences among the groups, formed according to geographic origin, were observed in the number of inflorescences per plant and the number of false ligulate florets in the inflorescence. The length of tubular florets was constant within the species, being 1.4 cm; as the most stable trait, this descriptor probably may be used as a diagnostic tool for this species. The accession 'Sakhalinsky Krasny 4' (Sakhalin population of Japanese origin) was the most distinctive, as regards the set of its characteristics.

Введение

Топинамбур или подсолнечник клубненосный, *Helianthus tuberosus* L. (Синонимы: *Helianthus esculentus* Warsz., *H. serotinus* Tausch, *H. tomentosus* Michx.), многолетнее травянистое клубненосное растение сем. Asteraceae – известен человеку более 4 тысяч лет (Zhukovskij, 1971; Yaroshevich et al., 2007; Breton et al., 2017). В России топинамбур разводили с начала XIX века, в конце XX – начале XXI века его можно считать широко распространенным растением, произрастающим от северо-запада Европейской части России до Сахалина (Zhukovskij, 1971; Vinogradova, 2008; Pas'ko, 1989; Breton, Kiru et al., 2017). На территорию России он, вероятно, проникал в разные годы и различными путями (Pas'ko, 1989; Breton, Kiru et al., 2017).

Топинамбур – ценное лекарственное растение. Он отличается высоким содержанием комплекса витаминов, микроэлементов и специфически сложных углеводов, особенно инулина; клубни – богатейший источник пектиновых веществ, клетчатки, органических кислот, они могут использоваться в качестве диетического питания при сахарном диабете, язве желудка, воспалениях поджелудочной железы, гипертонии, ожирении, мочекаменной болезни, атеросклерозе и других болезнях. Топинамбур сублимированной сушки способствует выведению из организма нитратов, фосфатов, радионуклидов, восстанавливает обмен веществ, улучшает зрение. Из клубней топинамбура промышленно производят инулин, спирт, фруктозу (из каждой тонны клубней получают до 100 кг инулина, 83,2 л спирта). Надземная масса (листья и стебли) используется для лечения суставных заболеваний: артритов, артрозов, остеопорозов, остеохондроза, состояний после травм опорно-двигательного аппарата (Yaroshevich et al., 2007; Castellini, et al, 1989; Rawate, Hill, 1985; <https://www.topinambour.ru/information/170928214313.html>; 2011; Pas'ko, 2018; <https://ru.wikipedia.org>; <https://www.syl.ru/article/95682/topinambur-poleznyie-svoystva>).

В качестве медоноса топинамбур используется для позднего медосбора. В декоративных целях растения высаживают и как зеленое ограждение, и как кулисную культуру (защита от ветра). Кроме того, топинамбур используется для производства биоэтанола с целью получения биотоплива (Duke, 1983; Kays, Nottingham, 2008; https://ru.wikipedia.org/wiki/Топинамбур_и_другие).

В Российской Федерации в последние годы топинамбур возделывается на площади около 3 тысяч га, преимущественно в Кабардино-Балкарии, Нижегородской, Липецкой, Тверской, Рязанской, Тульской, Ульяновской, Костромской, Волгоградской, Омской, Брянской, Московской, Ярославской, Саратовской, Ленинградской областях, в республике Чувашия, в Краснодарском и Ставропольском краях (<https://ru.wikipedia.org/wiki>; <https://www.topinambour.ru/information/170928214313.html>; http://geolike.ru/page/gl_214.htm).

Исследования морфологических, эколого-географических, биологических особенностей вида и обзор сортового разнообразия топинамбура были сделаны несколько десятилетий назад (Zhukovskij, 1971; Pas'ko, 1973; 1974; 1989; и другие). Методических указаний по изучению морфологических особенностей коллекции топинамбура и классификатора морфологических признаков вида нет. При этом, согласно исследованиям последних лет (Breton, Kiru et al., 2017), фенотипическое разнообразие топинамбура огромно, а попытки построения современных классификаций вида – фрагментарны (Zelenkov, 2017; Lebedeva et al., 2017; Kays, Kultur, 2005; Kays, Nottingham, 2008; Puttha et al., 2013; и другие). Следует отметить, что топинамбур имеет гексаплоидный набор хромосом ($2n = 102$), в естественных условиях довольно легко происходит межвидовая гибридизация с другими представителями рода *Helianthus* L. (Davydovich, 1936; Pas'ko, 1974, 1989; Ustimenko,

1960; <https://www.topinambour.ru/information/170928214313.html>; и другие), что дополнительно затрудняет классификацию вида.

Цель настоящего исследования – изучение морфологических особенностей соцветия *H. tuberosus* для составления методических указаний по изучению коллекции топинамбура ВИР и отбора признаков цветка и соцветия для уточнения внутривидовой систематики.

H. tuberosus – многолетнее растение. Стебель прямой, опушенный жесткими волосками, хорошо облиственный, высотой от одного до трех-четырех (пяти) метров (позднеспелые сорта, как правило, более высокорослые). Количество ветвей на главном стебле различное, от трех-пяти до 30 и более. Ветвление надземной части побега – акропетальное (из пазух нижних супротивных листьев) и базипетальное – из пазух очередных листьев. Боковые побеги образуют ветви второго и третьего порядков.

Лист простой, на черешке от 2 до 8 см; листовая пластинка цельная, с двух сторон опушенная грубыми волосками, от овальной и узкоклиновидной до широкояйцевидной формы с заостренной верхушкой и пильчатым или зубчатым краем, с тремя основными жилками. Листорасположение в нижней части стебля, как правило, супротивное, в средней и верхней – очередное.

Соцветие – гетерогенная корзинка, состоящая из 2-х типов цветков: по краю расположен ряд ярко-желтых зигоморфных ложноязычковых (краевых), не имеющих тычинок и завязи и выполняющих функцию привлечения опылителей; ложе корзинки (диск) диаметром от 1–1,5 см до 4–5 см и более в центре заполнено желтыми трубчатыми (или центральными, срединными) обоюпоными цветками, формирующими семена. Трубчатые цветки (60 и более) длиной около 1 см, шириной около 1 мм с коричневыми тычинками; ложноязычковые – от 0,5 см шириной до 10 и более см длиной, могут располагаться свободно или черепитчато налегать друг на друга, создавая впечатление расположения в два ряда. Ранние и среднеспелые сорта отличаются большим количеством соцветий на растении, чем позднеспелые. Соцветия размещаются на верхушках основных и боковых побегов, образуя, таким образом, метелку соцветий; их число зависит от интенсивности ветвления побега и варьирует от одного-пяти до 50 и более на одном растении. Обертка диска состоит из 16–35 зеленых, короткоопушенных, железистых листочков с отогнутой верхушкой, ланцетной формы, 1,5–4 мм шириной, 8–15 мм длиной, расположенных в два-три ряда.

Цветет в европейской части обычно в августе-сентябре (в июле – только ранние сорта и только в жаркие годы), вплоть до заморозков, поэтому в условиях средней полосы семена вызревают редко. В работах конца XIX – начала XX века (Vinogradova et al., 2009) указывалось, что топинамбур зацветает только поздней осенью. По-видимому, за минувшее столетие время цветения стало более ранним: в 2018 году (лето жаркое, продолжительное) в Гатчинском районе Ленинградской области растения цвели в конце июля – начале августа. В жаркие годы в Москве на склонах насыпей южной экспозиции отмечено цветение *H. tuberosus* с конца июня (Игнатов и другие, 1990). В южных районах страны цветет с июля (ранние сорта) или августа (среднеспелые и поздние сорта) до октября-ноября.

Плод – мелкая семянка, длиной 5–7 мм, голая или в верхней части опушенная, похожая на семена подсолнечника, вес 1000 семян 7–9 г (Pas'ko, 1973, 1989). Семянки позднеспелых сортов вызревают в южных районах (на юге России, на Кавказе); скороспелых – в районах Центрально-Черноземной зоны (в сентябре-октябре), хотя, по литературным данным, в европейской части России обнаружить спелые семянки даже в благоприятные годы с теплой продолжительной осенью не удается (Ignatov et al., 1990). Тем не менее, обширные заросли *H. tuberosus* в рудеральных местообитаниях образуются, скорее всего, за счет вегетативного

размножения. В культуре топинамбура обычно размножают вегетативно, из клубней или его фрагментов (Pas'ko, 1989; Kays, Nottingham, 2008; и др.). Таким образом, семенное размножение топинамбура возможно только в районах с жарким климатом, где оно является способом распространения растений в дикорастущих популяциях; не имея большого значения в промышленном производстве, оно важно для селекционных программ.

Корневая система у топинамбура, выросшего из семени, стержневая, по мере роста растения переходит в мочковатую. При выращивании растений из клубней корневая система мочковатого типа. В отличие от подсолнечника топинамбур формирует многочисленные подземные боковые побеги – столоны, на концах которых образуются клубни. Длина столонов от 5 до 40 см; чем короче столоны, тем более компактно клубневое гнездо. Клубни по форме чаще грушевидные, но могут быть и продолговато-овальной или веретеновидной формы, с гладкой или бугристой поверхностью. Та или иная форма клубней характерна для определенных сортов, но может несколько изменяться при возделывании в зависимости от типа почв; на тяжелых глинистых почвах клубни деформируются. Клубни некоторых сортов имеют неровную поверхность, что обусловлено наличием большого количества наростов (деток). Окраска клубня у сортов различная: от белой до красно-фиолетовой; изменяется в зависимости от сорта и, в меньшей степени, – от условий выращивания. В отличие от картофеля глазки клубней топинамбура выпуклые. На одном растении у селекционных сортов может быть 20–30 более или менее крупных клубней, у примитивных форм – до 50–70 мелких.

Материал и методы

Материалом для исследований послужила коллекция топинамбура. Материалом для исследований послужила коллекция топинамбура, сохраняемая в живом виде на филиале Майкопская опытная станция ВИР (МОС ВИР; Адыгея, окрестности г. Майкоп). Кроме результатов собственных исследований, проведенных в 2017–2018 году (были проанализированы соцветия 58 образцов топинамбура различного географического происхождения, табл. 1), для отдельных образцов использованы материалы МОС ВИР за 1973–1975 гг. (полевые журналы по коллекции топинамбура, заполненные Н. М. Пасько).

Таблица 1. Состав исследованной выборки образцов топинамбура по географическому происхождению (филиал Майкопская опытная станция ВИР)
Table 1. Grouping of the studied Jerusalem artichoke accessions according to their geographical origin (Maikop Experiment Station of VIR)

Номер группы	Происхождение (обозначение региона)	Число образцов
1	Западная Европа: (Болгария (2 образца), Венгрия (1), Германия (5), Латвия (1), Польша (2), Франция (5), Эстония (2) – (Europe, E)	18
2	Украина (11), Белоруссия (1), Молдавия (3) – (UBM, U)	15
3	Европейская часть России – (European part of Russia, R)	6
4	Россия, Северный Кавказ – (Caucasus, C)	5
5	Закавказье: Грузия (1) – (Transcaucasia, T)	1
6	Россия, Западная Сибирь – (West Siberia, W)	1
7	Центральная Азия: Киргизия (1), Таджикистан (2), Туркмения (2) – (Central Asia, A)	5
8	Япония – (Japan, J)	3
9	Австралия – (Australia, Au)	1
10	США – (USA, S)	3
	Итого	58

Измерения и подсчеты проводились на трех-пяти или более растениях каждого образца по одиннадцати признакам (в скобках приведены сокращенные названия признаков): число *соцветий на растении* (число соцв./раст-ии.); *диаметр соцветия* (диам. соцв. общ.); *диаметр корзинки* [диаметр диска соцветия без краевых цветков, измеряли только цветоложе с трубчатыми цветками (диам. диска без лож.яз. цв.)]; *число, длина и ширина отгиба ложноязычковых цветков* (число лож.яз. цв./соцв., дл. лож.яз. цв., шир. лож.яз. цв.); *число, длина трубчатых цветков* (число трубч. цв./соцв., дл. трубч. цв.); *число, длина ширина листочков обертки* (дл. л-чков оберт., шир. л-чков оберт., число л-чков оберт./соцв.).

Статистический анализ. Группы были охарактеризованы средними значениями показателей, рассчитаны стандартные ошибки средних, проведен корреляционный анализ. Для сравнения групп по происхождению был использован однофакторный дисперсионный анализ. Полиморфизм выборки был исследован факторным анализом. Использован пакет анализов StatSoft Statistica 13.0. В исследовании принят уровень значимости 5%.

Результаты и обсуждение

Характеристика групп по исследованным признакам представлена в таблице 2.

В результате проведенного исследования число соцветий на растении оказалось наиболее варьирующим признаком, оно менялось от 0,2 до 112,0; Коэффициент вариации $v = 131,4\%$ (рис. 1). Подавляющее большинство исследованных образцов (40) характеризовались небольшим числом соцветий на растении (от 1 до 20). Два образца имели от 60 до 100 соцветий на растении ('Унгарски' и 'Австралийский'), два образца ('Горно-Алтайский' и 'Венгерский') – от 100 до 120.



Рис. 1. Вид распределения числа соцветий на растении *Helianthus tuberosus* (филиал Майкопская опытная станция ВИР)
Fig. 1. A distribution histogram for the number of inflorescences per a *Helianthus tuberosus* plant (Maikop Experiment Station of VIR)

По этому признаку обычно выделяют три группы (Pas'ko, 1973; 1974) – малоцветковые (от 1 до 15), среднецветковые (от 16 до 49) и многоцветковые (50 и более). Большинство исследованных нами образцов оказались малоцветковыми.

Средний диаметр соцветия у образцов топинамбура варьировал, по нашим данным, от 6,1 см ('Французский неизвестный') до 11,2 см ('Сахалинский красный'). Коэффициент вариации (v) составил 14,0%.

Диаметр корзинки менялся от 0,9 см (образцы 'Французский неизвестный', 'Киевский улучшенный', 'Д-5 (I)', 'American', 'Ивановский белый') до 2,0 см ('Eesti Putan'); $v = 16,5\%$. Диаметр корзинки на боковых ветвях, как правило, был немного больше, чем на центральном стебле и составлял от 1,2 до 2 см. По литературным данным (Swanton, 1986; Kays, Kultur, 2008; Filep, 2018; и др.), диаметр корзинки обычно варьирует в диапазоне от 1,3 до 1,8 см. В коллекции ВИР есть образцы как с более мелкими, так и с более крупными корзинками. Число ложноязычковых цветков в соцветии колебалось от 8,4 ('Цалыкский') до 16,3 ('Сахалинский красный'); $v = 13,2\%$. У разных образцов число их обычно существенно различается. Отличия по числу ложноязычковых цветков между соцветиями одного растения незначительны.

Расположение ложноязычковых цветков в соцветии различно: они могут отстоять друг от друга (не соприкасаясь), как у сорта 'Vilmorin', либо располагаются очень плотно, примыкая друг к другу; у ряда образцов каждый цветок у основания перекрывается соседним, черепитчато налегая друг на друга (сорт 'Торіанка').

Ширина ложноязычковых цветков была в диапазоне от 0,8 см – 'Туркменский местный', 'Французский неизвестный', 'Д-5 (I)' – до 1,5 см ('Сахалинский красный'); $v = 13,6\%$. Отношение длины к ширине определяет форму ложноязычковых цветков: они могут быть широкие или узкие (продолговатые); обычно длина их в 2,6–4 раза больше ширины.

Число трубчатых цветков в соцветии было от 1,4 ('Украинский 30') до 115,0 ('Рижский'); $v = 23,6\%$.

В наименьшей степени варьировала длина трубчатых цветков: от 1,2 ('Французский неизвестный', '2493 Б') до 1,8 см у отдельных растений 'Patat Vilmorine'; $v = 5,9\%$.

Число листочков обертки изменялось от 16,7 ('Ивановский красный') до 31,7 ('Сахалинский красный'); $v = 11,6\%$.

Длина листочков обертки варьировала от 0,9 ('Скатовский', 'Французский неизвестный', 'Д-5 (I)') до 2,0 см ('Сахалинский красный'); $v = 16,3\%$.

Ширина листочков обертки составила от 0,2 ('Французский неизвестный', 'Д-5 (I)', 'Местный из Гродно', 'Туркменский местный', 'Киевский улучшенный', '2493 Б', 'American', 'Украинский 108', 'Сахалинский красный', 'Commun', 'Elija', 'Дур-Дурский', 'Тионетский', 'Украинский 30', 'Крымский', 'Ивановский красный', 'Северокавказский', 'Киевский белый', 'Белый урожайный', 'Красный неизвестный', 'Kulisty Cremovcu') до 0,4 см ('Толбухин'); $v = 16,3\%$.

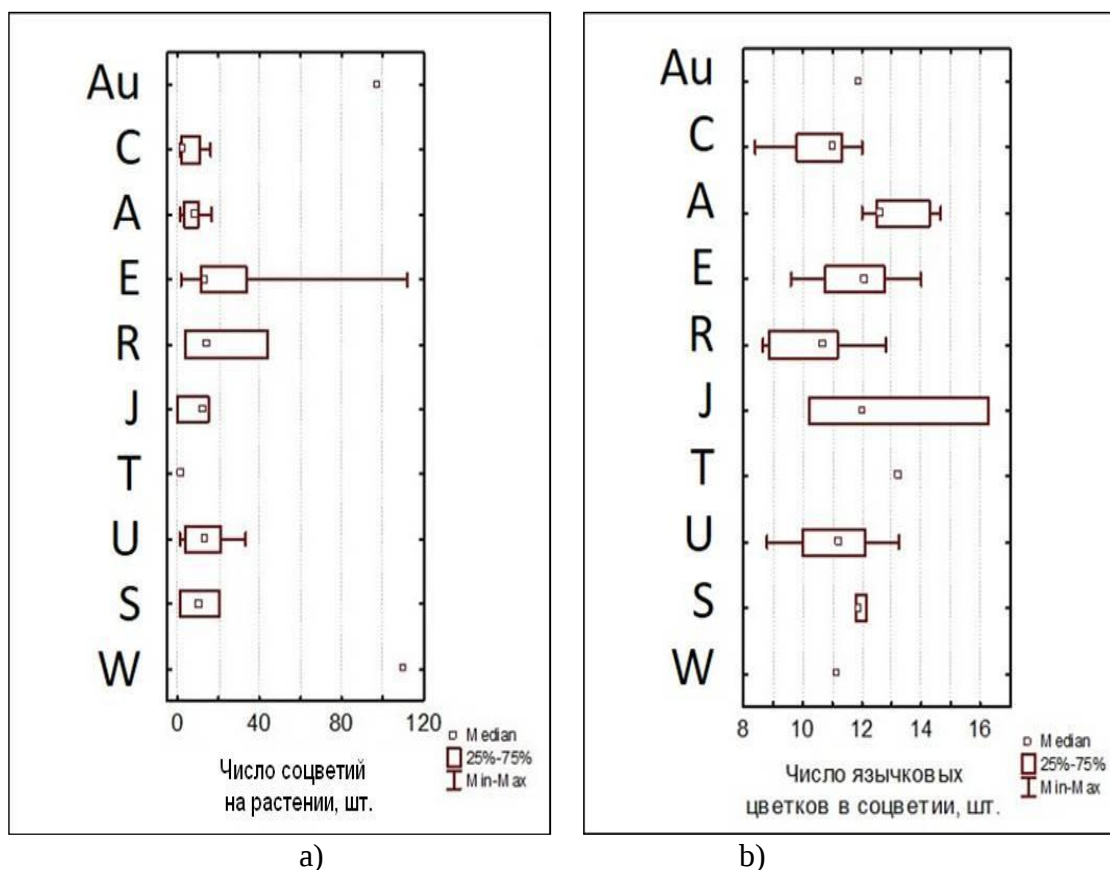
Таким образом, наименее изменчивым из изученных признаков соцветия была общая длина трубчатого цветка ($v = 5,9\%$); наиболее варьирующим – число соцветий на растении ($v = 131,4\%$). Гистограмма распределения (рис. 1) подтверждает неоднородность групп выборки по этому признаку.

Дисперсионный анализ выявил значимые различия между рассматриваемыми группами по двум признакам: число соцветий на растении (уровень значимости различий $p = 0,000$); число ложноязычковых цветков в соцветии ($p = 0,044$) (табл. 2, рис. 2). Наибольшее число соцветий на растении имели образцы из Австралии (97,4) и Западной Сибири (110,2), наименьшее – из Закавказья (1,6). Максимальное число цветков в соцветии было у образца из Закавказья (13,2), а среднее – у образцов из Японии (12,8).

Таблица 2. Характеристика групп образцов *Helianthus tuberosus* различного географического происхождения по признакам соцветия (филиал Майкопская опытная станция ВИР); среднее±станд. ошибка среднего
Table 2. Inflorescence characteristics of *Helianthus tuberosus* accessions grouped according to their geographic origin (Maikop Experiment Station of VIR); mean ± STD error of mean

Происхождение	Число образцов	Диам. соцвет. общ., см	Диам. диска без лож. яз. цв., см	Число соцвет./раст., шт.	Число лож. яз. цв./соцвет., шт.	Дл. лож. яз. цв., см	Шир. лож. яз. цв., см	Число трубч. цв./соцвет., см	Дл. трубч. цв./соцвет., см	Дл. л-чковых оберт., см	Шир. л-чковых оберт., см	Число л-чковых оберт./соцвет., шт.
Australia	1	9,5	1,2	97,4	11,9	4,6	1,1	68,4	1,4	1,1	0,3	25,3
Europe	18	8,3±0,3	1,2±0,0	25,2±7,5	11,8±0,3	3,8±0,2	1,1±0,0	75,9±4,6	1,4±0,0	1,3±0,0	0,3±0,0	23,7±0,5
Transcaucasia	1	8,8	1,1	1,6	13,3	3,8	1,1	72,1	1,4	1,2	0,2	29,0
Central Asia	5	7,7±0,3	1,1±0,1	8,3±2,7	13,2±0,5	3,5±0,1	1,0±0,1	77,0±4,2	1,4±0,0	1,2±0,1	0,2±0,0	25,9±1,7
Europ.Russia	6	7,9±0,6	1,1±0,0	20,7±12,2	10,5±0,6	3,6±0,3	1,04±0,1	63,6±3,3	1,4±0,0	1,2±0,1	0,3±0,0	21,5±1,0
West Siberia	1	9,2	1,1	110,2	11,2	4,4	1,2	55,5	1,4	1,2	0,3	21,0
Caucasus	5	7,7±0,4	1,0±0,0	6,6±3,0	10,5±0,6	3,5±0,2	1,0±0,1	69,6±3,8	1,4±0,0	1,2±0,1	0,3±0,0	23,6±1,0
USA	3	8,2±0,2	1,0±0,1	10,8±5,6	12,0±0,1	3,7±0,0	1,1±0,0	80,8	1,4±0,0	1,2±0,1	0,2±0,0	24,5±1,4
UBM	15	7,8±0,2	1,1±0,1	14,2±2,5	11,2±0,3	3,6±0,1	1,1±0,0	62,8±7,6	1,4±0,0	1,3±0,1	0,3±0,0	23,0±0,5
Japan	3	9,0±1,4	1,3±0,1	9,1±4,5	12,8±1,8	4,2±0,5	1,2±0,2	81,6±7,0	1,4±0,0	1,6±0,2	0,3±0,0	25,3±3,3
Всего	58	8,1±0,1	1,1±0,0	19,1±3,5	11,6±0,2	3,7±0,0	1,1±0,0	70,0±2,6	1,4±0,0	1,3±0,0	0,3±0,0	23,7±0,4

Условные обозначения: Australia – Австралия; Europe – Западная Европа; Transcaucasia – Закавказье; C. Asia – Центральная Азия; R – Европейская часть России; West Siberia – Россия, Западная Сибирь; Caucasus – Россия, российский Кавказ; USA – США, UBM – Украина, Беларусь, Молдова; Japan – Япония
Legend: Australia – Australia; Europe – Western Europe; Transcaucasia – Transcaucasia; C. Asia – Central Asia; R – European part of Russia; West Siberia – Russia, Western Siberia; Caucasus – Russia, Russian Caucasus; USA – USA; UBM – Ukraine, Belarus, Moldova; Japan – Japan.



Условные обозначения: Au – Австралия; E – Западная Европа; T – Закавказье; A – Центральная Азия; R – Европейская часть России; W – Россия, Западная Сибирь; C – Россия, российский Кавказ; S – США; U – Украина, Беларусь, Молдова; J – Япония
 Legend: Au – Australia; E – Western Europe; T – Transcaucasia; A – Central Asia; R – European part of Russia; W – West Siberia, Russia; C – Russian Caucasus; S – USA; U – Ukraine, Belarus and Moldova; J – Japan

Рис. 2. Характеристика групп образцов *Helianthus tuberosus* различного географического происхождения по:

а) числу соцветий на растении; б) числу ложноязычковых цветков в соцветии (филиал ВИР Майкопская опытная станция ВИР)

Fig. 2. Characteristics of *Helianthus tuberosus* accessions grouped by their geographic origin according to:

a) the number of inflorescences per plant; b) the number of ligulate florets in an inflorescence (Maikop Experiment Station of VIR)

Корреляционный анализ показал, что сильно коррелировали ($r > 0,7$) признаки (табл. 3): общий диаметр соцветия и длина ложноязычковых цветков ($r = 0,97$); общий диаметр соцветия и ширина ложноязычковых цветков ($r = 0,77$); ширина ложноязычковых цветков и длина ложноязычковых цветков ($r = 0,76$); число в соцветии ложноязычковых цветков и число листочков обертки на соцветии ($r = 0,73$). Таким образом, размер соцветия (корзинки) определяет не столько диаметр центральной части корзинки, сколько размерные параметры ложноязычковых цветков. Число ложноязычковых цветков определяло число листочков обертки.

Число и размер трубчатых цветков не были связаны с другими исследованными показателями.

Факторный анализ (рис. 3) проводился по 11 количественным признакам (табл. 4). 4 фактора объясняют 75,9% изменчивости образцов.

Таблица 3. Корреляции количественных признаков соцветия у групп образцов *Helianthus tuberosus* различного географического происхождения (филиал Майкопская опытная станция ВИР)

Table. 3. Correlations of the inflorescence's quantitative characteristics in *Helianthus tuberosus* accessions grouped according to their geographical origin (Maikop Experiment Station of VIR)

	Диам. соцвет. общ., см	Диам. диска без лож. яз. цв., см.	Число соцвет./раст., шт.	Число лож. яз. цв./соцвет., шт.	Дл. лож. яз. цв.	Шир. лож. яз. цв., см	Число трубч. цв./соцвет., шт.	Дл. трубч. цв., см	Дл. л-чков оберт., см	Шир. л-чков оберт., см	Число л-чков оберт./соцвет., шт.
Диам. соцвет. общ.	1,00	0,47	0,46	0,48	0,97*	0,77*	-0,25	0,35	0,13	0,23	0,41
Диам. диска без лож. яз. цв.		1,00	0,17	0,30	0,47	0,52	-0,13	0,25	0,28	0,30	0,24
Число соцвет./раст.			1,00	0,04	0,54	0,28	-0,04	0,23	-0,21	0,37	0,01
Число лож. яз. цв./соцвет.				1,00	0,38	0,18	0,09	0,03	0,10	-0,24	0,73*
Дл. лож. яз. цв.					1,00	0,76*	-0,21	0,37	0,08	0,32	0,28
Шир. лож. яз. цв.						1,00	-0,18	0,27	0,39	0,38	0,28
Число трубч. цв./соцвет.							1,00	0,07	-0,08	0,06	0,04
Дл. трубч. цв.								1,00	0,11	0,43	0,15
Дл. л-чков оберт.									1,00	0,15	0,24
Шир. л-чков оберт.										1,00	-0,16
Число л-чков оберт./соцвет.											1,00

*отмечены сильные ($r > 0,7$) корреляции

*strong ($r > 0.7$) correlations are noted

Таблица 4. Факторные нагрузки образцов выборки

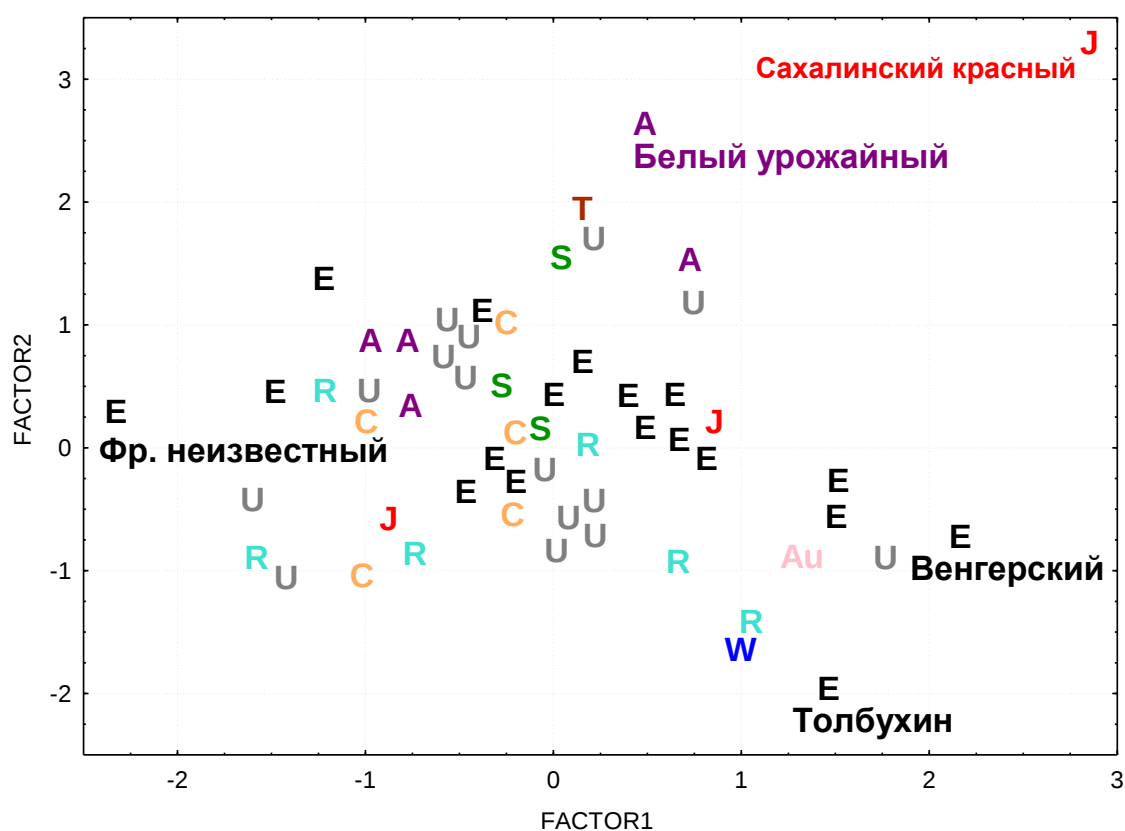
***Helianthus tuberosus* (филиал Майкопская опытная станция ВИР)**

Table 4. Factor loadings for the groups of *Helianthus tuberosus* accessions (Maikop Experiment Station of VIR)

	Factor	Factor	Factor	Factor
	1	2	3	4
Диам. соцвет. общ.	<u>0,93</u>	0,05	0,22	0,13
Диам. диска без лож. яз. цв.	0,66	0,01	-0,28	0,04
Число соцвет./раст-ии	0,47	-0,41	0,55	-0,10
Число лож. яз. цв./соцвет.	0,48	<u>0,75</u>	0,20	-0,18
Дл. лож. яз. цв.	<u>0,92</u>	-0,10	0,24	0,10
Шир. лож. яз. цв.	<u>0,83</u>	-0,10	-0,21	0,16
Число трубч. цв./соцвет.	-0,16	0,05	-0,04	<u>-0,87</u>
Дл. трубч. цв.	0,48	-0,32	-0,15	-0,43
Дл. л-чков оберт.	0,30	0,18	<u>-0,81</u>	0,09
Шир. л-чков оберт.	0,41	-0,69	-0,26	-0,23
Число л-чков оберт./соцвет.	0,48	<u>0,71</u>	-0,01	-0,21
Expl.Var	4,01	1,87	1,32	1,14
Prp.Totl	0,36	0,17	0,12	0,10

Первый фактор, объясняющий 36% изменчивости образцов выборки (табл. 5), может быть обозначен как «общий размер соцветия». Он связан с общим диаметром, длиной и шириной ложноязычкового цветка, сильно коррелирующими друг с другом, как было показано выше. Второй фактор, объясняющий 17% изменчивости – «число листочков обертки и ложноязычковых цветков» – связанные друг с другом число ложноязычковых цветков и листочков обертки. Третий фактор (12%) связан с длиной листочков обертки. Четвертый фактор объясняет 10% изменчивости и связан с числом трубчатых цветков в соцветии.

Группировка образцов в пространстве первых двух факторов (см. рис. 3) показала, что при относительной однородности выборки имеется несколько отличающихся образцов: ‘Сахалинский красный’, ‘Французский неизвестный’, ‘Толбухин’, ‘Белый урожайный’, ‘Венгерский’, находящихся на границе однородного «облака» остальных образцов. Эти образцы, как было показано ранее, обладают комплексом уникальных признаков.



Условные обозначения: Au – Australia, Австралия; E – Europe, Западная Европа; T – Transcaucasia, Закавказье; A – Central Asia, Центральная Азия; R – European Russia, Европейская часть России; W – West Siberia, Россия, Западная Сибирь; C – Caucasus, Россия, российский Кавказ; S – USA, США; U – UBM, Украина, Беларусь, Молдова; J – Japan, Япония
 Legend: Au – Australia; E – Western Europe; T – Transcaucasia; A – Central Asia; R – European part of Russia; W – West Siberia, Russia; C – Russian Caucasus; S – USA; U – Ukraine, Belarus and Moldova; J – Japan

Рис. 3. Расположение групп образцов *Helianthus tuberosus* различного географического происхождения в пространстве двух первых факторов
Fig. 3. Arrangement of the groups of *Helianthus tuberosus* accessions in the space of the first two factors

Заключение

Максимальные различия между группами по географическому происхождению были выявлены по признакам «число соцветий на растении» и «число ложноязычковых цветков в соцветии». Эти признаки могут быть использованы в таксономическом и географическом анализах вида.

Самый различающийся признак групп – блок признаков размера соцветия: общий диаметр, длина и ширина ложноязычкового цветка. Максимальный размах изменчивости данного признака характерен в наибольшей степени для образцов европейской группы. Признак «длина трубчатых цветков» был наиболее константным в пределах вида и может быть использован в качестве диагностического как при изучении группы видов, близких к *Helianthus tuberosus*, так и при анализе внутривидовой изменчивости. Кроме того, для целей внутривидовой систематики могут быть использованы признаки: параметры ложноязычковых цветков, число ложноязычковых цветков в соцветии, число соцветий на растении.

По числу соцветий на растении выделяются образцы из Западной Сибири и Австралии (наибольшее – 110,2 и 97,4 соответственно), Закавказья (1,6 – наименьшее); по числу ложноязычковых цветков в соцветии – группа образцов из европейской части России и российского Кавказа (10,5 – минимальные значения), из Закавказья и Японии (13,3 и 12,8 соответственно – максимальные значения). Наиболее оригинальным по совокупности признаков был образец ‘Сахалинский красный 4’ (сахалинская популяция). Происхождение образца – Япония.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании «Методических указаний по изучению коллекции топинамбура» и «Каталога образцов коллекции топинамбура ВИР».

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0013 «Развитие теоретических основ ботаники, филогении, систематики, генетики, физиологии, биохимии культурных растений и разработка традиционных и современных молекулярных методов оценки растительных ресурсов по признакам качества, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам и другим хозяйственно важным признакам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710370-0.

References/Литература

- Breton C., Kiru S. D., Berville A., Anushkevich N. Yu. Breeding of Jerusalem Artichoke with the desired traits for different directions of use: retrospective, approaches and prospects (review) (Selekcija topinambura (*Helianthus tuberosus* L.) dlya netradicionnogo ispol'zovaniya: retrospective, podhody i perspektivy (obzor) // Sel'skhozjaistvennaya biologiya – Agricultural Biology, 2017, vol. 52, no. 5, pp. 940–951 [in Russian] (Breton C., Кирю С. Д., Бerville A., Анушкевич Н. Ю. Селекция топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) для нетрадиционного использования: ретроспектива, подходы и перспективы (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 5. С. 940–951).
- Castellini C., Constantini F., Fantozzi P. Utilization of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) fibrous residue as feed for rabbit // 3rd International Conference on Leaf Protein Research, LEAF-PRO – 89, Italy, October 1989, pp. 162–165.
- Davydovich S. S. Topinambur hybridization // Breeding and seed production, 1936, vol. 6, pp. 20–26
- Davydovich S. S. Gibrizaciya topinambura. Selekcija i semenovodstvo, 1936, vol. 6, pp. 20–26 [in Russian] (Давыдович С. С. Гибридизация топинамбура // Селекция и семеноводство, 1936. Т. 6. С. 20–26).
- Dergacheva N. V., Kazydub N. G. Dergacheva N. V., Kazydub N. G. Tuber-bearing crops (potato, Jerusalem artichoke, sweet potato, manioc, taro, yam): Study guide // Omsk: OmGAU, 2011, 208 p.

- Dergacheva N. V., Kazydub N. G. Klubnenosnye kul'tury (kartofel', topinambur, batat, maniok, taro, yams): uchebnoe posobie. Omsk. gos. agrar. un-t im. P. A. Stolypina [in Russian] (Дергачева Н. В., Казыдуб Н. Г. Клубненосные культуры (картофель, топинамбур, батат, маниок, таро, ямс): Учебное пособие / Омск : ОмГАУ, 2011. 208 с.).
- Duke J. A., 1983. Handbook of Energy Crops. NewCROPS web site, Purdue University. https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html.
- Filep R. Biogeographic perspectives of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L. s. l.) invasion /University of Pecs, Doctoral School of Biology and Sport Biology, Pecs, 2018, 97 p.
- Ignatov M. S., Makarov V. V., Chichev A. V. Abstract of the Moscow region adventive plants Flora. Floristic studies in the Moscow region. Moscow : Science, 1990, pp. 5–105.
- Ignatov M. S., Makarov V. V., Chichev A. V. Konspekt flory adventivnyh rastenij Moskovskoj oblasti. Floristicheskie issledovaniya v Moskovskoj oblasti. Moscow : Nauka, 1990, pp. 5–105 [in Russian] (Игнатов М. С., Макаров В. В., Чичев А. В. // Конспект флоры адвентивных растений Московской области. Флористические исследования в Московской области. М. : Наука, 1990. С. 5–105).
- Kays S. J., Kultur F. Genetic variation in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) flowering date and duration. HortScience, 2005, vol. 40, p. 1675–1678.
- Kays S. J., Nottingham S. F. 2008. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke *Helianthus tuberosus* L. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA <http://www.crcnetbase.com/isbn/9781420044966/>
- Lebedeva N. V., Smekalova T. N., Novikova L. Yu., Kiru S. D. Morfologicheskie osobennosti vegetativnyh organov topinambura (*Helianthus tuberosus* L., Asteraceae) v svyazi s problemoj vnutrividovoj sistematiki // Sbornik tezisov Vtoroj vs Rossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Sornye rasteniya v izmenyayushchemsya mire: aktual'nye voprosy izucheniya raznoobraziya, proiskhozhdeniya, ehvolucii» (27-28 noyabrya 2017, St. Petersburg, Rossiya), St. Petersburg, 2017, pp. 81–82 [in Russian] (Лебедева Н. В., Смекалова Т. Н., Новикова Л. Ю., Кир С. Д. Морфологические особенности вегетативных органов топинамбура (*Helianthus tuberosus* L., Asteraceae) в связи с проблемой внутривидовой систематики // Сборник тезисов Второй всероссийской конференции с международным участием «Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции» (27-28 ноября 2017, Санкт-Петербург, Россия), СПб., 2017. С. 81–82).
- Pas'ko N. M. Biological features of Jerusalem artichoke // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding. 1973, vol. 50, fasc. 2. pp. 102–122 [in Russian] (Пасько Н. М. Биологические особенности топинамбура // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1973. Т. 50, вып. 2. С. 102–122).
- Pas'ko N. M. The biology of Jerusalem artichoke flowering // Scientific works of the Maikop experimental station of the All-Russian Research Institute of Plant Industry. 1974, vol. 8, pp. 235–250).
- Pas'ko N. M. Biologiya cveteniya topinambura // Nauchnye trudy Majkopskoj opytnoj stancii VNII rastenievodstva. 1974, iss. 8, pp. 235–250 [in Russian] (Пасько Н. М. Биология цветения топинамбура // Научные труды Майкопской опытной станции ВНИИ растениеводства. 1974. Вып. 8. С. 235–250).
- Pas'ko N. M. *Helianthus tuberosus* L. (morphology, classification, biology, initial material for breeding): doctoral thesis of agricultural sciences, L., 1989, 454 p.
- Pas'ko N. M. *Helianthus tuberosus* L. (morfologiya, klassifikaciya, biologiya, iskhodnyj material dlya selekcii): diss... dokt. s.-h. nauk. Leningrad, 1989. 454 p. [in Russian] (Пасько Н. М. *Helianthus tuberosus* L. (морфология, классификация, биология, исходный материал для селекции): дисс. ... докт. с.-х. наук. Л., 1989. 454 с.).
- Pas'ko N. M. Jerusalem artichoke – biotechnological potential for food, medical, technical, feed and ecological purposes // http://ww.agroyug.ru/page/item/_id-2476/. Appeal date 28.08.2018.
- Pas'ko N. M. Topinambur – biotekhnologicheskij potencial dlya pishchevyh, lechebnyh, tekhnicheskikh, kormovyh i ekologicheskikh celej // http://www.agroyug.ru/page/item/_id-2476/ Data obrashcheniya 28.08.2018 [in Russian] (Пасько Н. М. Топинамбур – биотехнологический потенциал для пищевых, лечебных, технических, кормовых и экологических целей. http://www.agroyug.ru/page/item/_id-2476/. Дата обращения 28.08.2018).
- Puttha R., Jogloy S., Suriharn B., Wangsomnuk P. P., Kesmala T., Patanotai A. Variations in morphological and agronomic traits among Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) accessions / Genet. Resour. Crop Evol., 2013, 60 (2): 731–746. DOI: 10.1007/s10722-012-9870-2).
- Rawate P. D., Hill R. M. Extraction of a high-protein isolate from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tops and evaluation of its nutrition potential. // J. Agric. Food Chem., 1985.33 (1), pp. 29–31.

- Shchibrya N. A. Selection of Jerusalem artichoke // In the book: Theoretical bases of plant breeding, Moscow; Leningrad, 1937, vol. 3, pp. 162–175
- Shchibrya N. A. Selekcija topinambura // In : Teoreticheskie osnovy selekcii rastenij. Moscow ; Leningrad, 1937, vol. 3, pp. 162–175 [in Russian] (Щибря Н. А. Селекция топинамбура // В кн. : Теоретические основы селекции растений. М. ; Л., 1937. Т. 3. С. 162–175.
- Swanton C. J. (1986). Ecological Aspects of Growth and Development of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): Ph. D. thesis, University of Western Ontario, London, 124 p.
- Ustimenko G. V. Jerusalem Artichoke (Zemlynaya grusha). Moscow : Gos. izdatel'stvo sel'skohozyajstvennoj literatury, 1960, 100 p. [in Russian] (Устименко Г. В. Земляная груша. М. : Гос. издательство сельскохозяйственной литературы, 1960. 100 с.).
- Vinogradova Yu. K., Majorov S. R., Horun L. V. Sunflower tuberiferous, Jerusalem Artichoke // Black Book of Central Russia Flora. Alien plant species in the ecosystems of Central Russia / RAN; GBS RAN im. N. N. Cicina. Moscow : GEOS, 2009, pp. 188–194
- Vinogradova Yu. K., Majorov S. R., Horun L. V. Podsolnechnik klubnenosnyj, Topinambur // Chyornaya kniga flory Srednej Rossii (Chuzherodnye vidy rastenij v ekosistemah Srednej Rossii) / RAN; GBS RAN im. N. N. Cicina. Moscow : GEOS, 2009, pp. 188–194 (494 p.) [in Russian] (Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Подсолнечник клубненосный, топинамбур // Черная книга флоры Средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России) / РА ГБС РАН им. Н. Н. Цицина. М. : ГЕОС, 2009. С. 188–194 (494 с.).
- Yaroshevich M. I., Večer N. N., Gorny A. V. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) – promising culture // Theoretical and applied aspects of plant introduction as a promising direction for the development of science and national economy. Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 75th anniversary of the founding of CBS NAN Belarusi/ NAN Belarusi, CBS. Minsk : EditVV, 2007, vol. 1, pp. 323–325
- Yaroshevich M. I., Večer N. N., Gorny A. V. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) – perspective culture // Teoreticheskie i prikladnye aspekty introdukcii rastenij kak perspektivnogo napravleniya razvitiya nauki i narodnogo hozyajstva: /Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 75-letiyu so dnya obrazovaniya CBS NAN Belarusi/ NAN Belarusi, CBS. Minsk : EditVV, 2007, vol. 1, pp. 323–325 [in Russian] (Ярошевич М. И., Вечер Н. Н., Горный А. В. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – перспективная культура // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства. Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси / НАН Беларуси, ЦБС. Минск : Эдит ВВ, 2007. Т. 1. С. 323–325).
- Zelenkov V. N. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.). Report 1. Biological aspects of plant development in nature and in Russia (literature review) // Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences, 2017, vol. 2, pp. 71–78
- Zelenkov V. N. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.). Soobshchenie 1. Biologicheskie aspekty razvitiya rasteniya v prirode i na territorii Rossii (obzor literatury), 2017/2. Vestnik Rossiyskoy Akademii estestvennyh nauk, 74 (biologiya), pp. 71–78 [in Russian] (Зеленков В. Н. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.). Сообщение 1. Биологические аспекты развития растения в природе и на территории России (обзор литературы), 2017/2 // Вестник Российской Академии Естественных Наук, 74 (Биология). С. 71–78).
- Zhukovskij P. M. Jerusalem artichoke // In : Cultivated plants and their relatives, Leningrad : Kolos, 1971, pp. 293–295
- Zhukovskij P. M. Topinambur // In : Kul'turnye rasteniya i ih sorodichi. Leningrad : Kolos, 1971, pp. 293–295 [in Russian] (Жуковский П. М. Топинамбур // В кн. : Культурные растения и их сородичи. Л. Колос, 1971. С. 293–295).
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Топинамбур>, дата обращения 04.09.2018.
- http://geolike.ru/page/gl_214.htm, дата обращения 04.09.2018.
- <https://www.topinambour.ru/information/170928214313.html>, дата обращения 04.09.2018.
- <https://www.syl.ru/article/95682/topinambur-poleznyie-svoystva>, дата обращения 04.09.2018.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-141-148

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.635.21

**Н. М. Зотеева¹,
О. С. Косарева¹,
З. З. Евдокимова²**

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

²ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка», Ленинградская область, пос. Сиверский, ул. Институтская, 1, ~

Ключевые слова:

картофель, сорта, селекционные клоны, устойчивость, ризоктониоз, парша обыкновенная

Поступление:

11.09.2018

Принято:

10.12.2018

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СОРТОВ И СЕЛЕКЦИОННЫХ КЛОНОВ КАРТОФЕЛЯ К *RIZOCTONIA SOLANI* И *STREPTOMYCES SCABIES*

Актуальность. Ризоктониоз – одна из болезней, наносящих большой ущерб урожаю, он распространен почти во всех районах возделывания картофеля. В 50-х годах прошлого столетия патоген не рассматривался в ряду значимых для культуры. В настоящее время многие сорта чувствительны к этой болезни. Обыкновенную паршу картофеля вызывает актиномицет *Streptomyces scabies* (Thaxter) Waksman et Henrici. Патоген не наносит столь же ощутимого урона урожаю, как ризоктониоз, однако сильно снижает товарное качество клубней. Современный рынок предъявляет высокие требования к товарному качеству клубней в связи с появлением в супермаркетах новых видов продуктов, таких как вымытые и упакованные клубни, продаваемые в сыром виде. В отдельные годы перерабатывающая промышленность несет убытки из-за поражения паршами клубней промышленно выращиваемого картофеля, а производители несут затраты, связанные с применением химических препаратов. В связи с этим выявление сортов со слабой чувствительностью к этим болезням весьма актуально. **Материал и методы.** По восприимчивости к ризоктониозу изучили 219 сортов отечественной и зарубежной селекции из коллекции картофеля Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) и 17 клонов селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» (ЛенНИИСХ), а также 217 ранних сортов из коллекции ВИР по чувствительности к парше обыкновенной. Полевые наблюдения проводили в период уборки клубней на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» по шкале от 0 = (отсутствие симптомов болезни) до 4 = (поражение 90–100% поверхности клубня). **Результаты и выводы.** Полученные данные показали, что значительная доля сортов, полученных из стран с развитой селекцией картофеля (Германия, Нидерланды, Польша и др.), чувствительны к патогенам. Степень поражения клубней ризоктониозом и паршой обыкновенной сильно зависела от условий сезона. В результате изучения выделены сорта и селекционные клоны с отсутствием либо со слабым проявлением симптомов болезней, которые могут быть использованы в селекционных программах.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-141-148

ORIGINAL ARTICLE

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

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

²Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka",
1, Institutskaya St., Siversky Settlement,
Leningrad Province, Russia

Key words:

potato, cultivars, breeding clones,
resistance, *Streptomyces scabies*,
Rizoctonia solani.

Received:

11.09.2018

Accepted:

10.12.2018

ASSESSMENT OF POTATO CULTIVARS AND BREEDING CLONES FOR SUSCEPTIBILITY TO *RIZOCTONIA SOLANI* AND *STREPTOMYCES SCABIES*

Background. Black scurf (agent *Rizoctonia solani* J.G. Kuhn) is common in almost all areas of potato cultivation and causes crop yield damage. At present, many cultivars are susceptible to this disease. Common scab is caused by *Streptomyces scabies* (Thaxter) Waksman et Henrici. This pathogen does not reduce harvest with the same force as black scurf, but produces a considerable negative effect on the commercial quality of tubers. The modern market has a high demand for high commercial tuber quality due to the appearance of new types of potato-based products, including washed and packaged potatoes sold raw. In some years, processing industry suffers losses due to the destruction of industrially grown potatoes by scabs, while producers are forced to pay extra for chemicals, so a search for cultivars with low susceptibility to these diseases is very important. **Material and Methods.** Susceptibility to black scurf was studied in 219 cultivars of domestic and foreign origin from the VIR potato collection and 17 breeding clones from the collection maintained at the Research Institute of Agriculture "Belogorka"; besides, 217 early cultivars from the VIR collection were analyzed for susceptibility to common scab. Field observations were made during harvesting in VIR's experimental field (Pushkin). Susceptibility to both pathogens was assessed using a 4-grade scale, where grade 0 means no symptoms and grade 4 denominates 90–100% damage of the tuber surface. **Results and conclusions.** According to the data obtained, susceptibility to both pathogens was variably present in a number of cultivars introduced from countries with advanced potato breeding, such as Germany, the Netherlands, Poland, etc. As a result of the study, cultivars and breeding clones without disease symptoms or their weak manifestation were identified. Severity of the symptoms of both pathogens depended much on a season. Plant material with low susceptibility to the diseases can be of interest for potato breeders.

Ризоктониоз – одна из болезней, вызываемая базидиальным грибом *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn, которая наносит большой ущерб урожаю и распространена почти во всех районах возделывания картофеля (Leach et al., 1970; Bains et al., 2002; Daami-Remadi et al., 2008). Возбудитель ризоктониоза описан Kühn еще в 1858 г. (Rolfs, 1902). *Rhizoctonia solani* вызывает «черную паршу» на клубнях картофеля, а также поражает стебли и столоны растений (Simons, Galligan, 1997; Atkinson et al., 2011). Пораженные клубни являются источниками инфекции для здоровых растений картофеля (Ahrenniemi et al., 2005) и способствуют аккумуляции инфекции в почве (Bogucka, 1993; Tsror, Peretz, 2005). Одним из симптомов болезни на растении являются наличие склероциев в виде черной парши на клубнях. В 50-х годах прошлого столетия патоген не рассматривался в ряду значимых для культуры многими селекционерами США (Stevenson, 1956). Поражение патогеном снижает товарные качества клубней, что ведет к большим финансовым потерям, и это особенно важно для сортов столового картофеля (Atkinson et al., 2010; Keiser et al., 2012; Woodhall et al., 2007). По данным Keiser (2008), потери урожая в отдельные годы достигают до 50%. В последние годы поражение ризоктониозом посадок картофеля значительно возросло в районах Китая, где картофель интенсивно возделывается (Qu et al., 2008).

Обыкновенную паршу картофеля вызывает актиномицет *Streptomyces scabies* (Thaxter) Waksman et Henrici. При поражении паршой обыкновенной на поверхности клубня образуются небольшие язвы неправильной формы, которые со временем увеличиваются и пробковеют. Язвы сливаются и часто образуют сплошную корку. Wanner (2009) внес большой вклад в понимание генетической изменчивости *Streptomyces* spp. При оценке изолятов возбудителя парши обыкновенной отмечена их высокая вариабельность по агрессивности, при этом одни и те же сорта были устойчивы ко всем изолятам патогена (Bior, Roer, 1980).

Задачей данного исследования было выявление сортов и селекционных клонов картофеля из коллекций ВИР и Ленинградского НИИХ «Белогорка» (ЛенНИИСХ) слабо поражающихся болезнями, вызываемыми *Rhizoctonia solani* и *Streptomyces scabies*. В работе особое внимание уделяли образцам ранних сроков созревания.

Материал и методы

По чувствительности к ризоктониозу изучили 219 сортов из коллекции ВИР и 17 перспективных селекционных клонов из коллекции ЛенНИИСХ «Белогорка». По чувствительности к парше обыкновенной изучили 217 ранних сортов из коллекции ВИР, включая сезон 2018 года с сильным распространением инфекции. Полевые обследования проводили в период уборки клубней на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в соответствии с Методическими указаниями под ред. А. С. Воловика (Methodical instructions..., 1980). Для оценки поражения клубней обоими патогенами использовали одну и ту же шкалу, по которой балл 0 означает отсутствие симптомов, балл 4 – поражение 90–100% поверхности клубней. Послеуборочную оценку материала из ЛенНИИСХ по чувствительности к ризоктониозу проводили, учитывая число склероциев и степень развития некрозов на каждом из 20-ти клубней. При оценке симптомов поражения использовали шкалу 1 до 9 баллов, где балл 9 означает устойчивость (отсутствие симптомов болезни), а балл 1 – целиком пораженный клубень (Polozhenets, 2011).

Результаты и обсуждение

Чувствительность к парше обыкновенной

Среди изученных 217 сортов отсутствие и слабые симптомы болезни (до 0,5 баллов) найдены у 22. Симптомы болезни отсутствовали на клубнях сортов 'Marko' из Югославии; 'Ulster Monarch' из Великобритании; 'Antares', 'Frigga', 'Sieglinde' из Германии; 'Rosva' из Дании и 'Mila' из Польши. Слабые симптомы болезни (от 0,1 до 0,4 баллов) отмечены на клубнях сортов 'Agora' и 'Judic'a из Германии; 'Алый Парус', 'Ильинский', 'Каменский' и 'Кузнечанка' из России; у сортов 'Божедар', 'Жеран', 'Золушка', 'Гарт' из Украины; 'Early Rose' и 'Red Norland' из США, а также 'Emnire' из Норвегии. Средний балл поражения от 0,5 до 0,9 имели 10 российских сортов 'Алена', 'Антонина', 'Антошка', 'Балтийский', 'Барон', 'Белоснежка', 'Виза', 'Вятка', 'Зауральский' и 'Красная Роза'; 8 сортов из Германии – 'Ada', 'Arkula', 'Carola', 'Dorado', 'Feldeslohn', 'Isna', 'Karat' и 'Isabell'; 4 сорта из Нидерландов – 'Constante', 'Origo', 'Primura', 'Romano'); и по 3 сорта из Польши ('Elipsa', 'Mars', 'Narcy'), Украины ('Базис', 'Веста', 'Дубравка') и Казахстана ('Астана', 'ВИД-1', 'Бакша'). Поражение до 1,0 балла было отмечено у 24 сортов, из них 5 сортов из Германии, 4 сорта из Польши, по 2 – из России, Великобритании и Чехии, а также по одному сорту из Австрии, Беларуси, Дании, Казахстана и Украины. Умеренная степень поражения клубней (от 1,2 до 1,5 баллов) отмечена у 42-х сортов: 10-ти из Нидерландов, 7-ми из России, 5-ти из Германии, 4-х из Польши, 3-х из Казахстана, по два сорта из Беларуси, Украины и Великобритании, и у единичных сортов из Австрии, Испании, Франции, Чехии, Швеции, Югославии и США. Более ощутимо (от 1,6 до 2 баллов) поражались клубни 33-х сортов, из них большую часть составили сорта из Германии, Нидерландов и России. Сильное поражение клубней (от 2,5 до 4 баллов) отмечено у 75-ти сортов, преимущественно селекции России (15), Германии (11), Польши (10) и Нидерландов (10). В выборках сортов селекции разных стран соотношение сортов со слабым и умеренным проявлением болезни к числу изученных составило: 2 : 2 у сортов из Венгрии; 8 : 16 у сортов из Украины; 18 : 37 – из Германии; 3 : 10 – из Великобритании; 4 : 12 – из Казахстана; 8 : 25 – из Польши; 8 : 31 – из Нидерландов и 14 : 41 у сортов отечественной селекции.

Чувствительность к ризоктониозу

Всего оценено 217 сортов, из них 126 сортов отечественной и 91 – зарубежной селекции.

Среди материала отечественной селекции и стран СНГ слабое поражение клубней (баллы от 0,1 до 0,3) наблюдали у сортов 'Золушка', 'Зубренок', 'Ильинский', 'Миловница', 'Накра', 'Петербургский', 'Победа', 'Покра', 'Приекульский Ранний', 'Резерв', 'Ромашка', 'Русалка', 'Славутич', 'Снов', 'Солнышко', 'Утенок' и 'Черниговский'. Баллами от 0,4 до 0,6 оценивали поражение клубней 17-ти сортов: 'Бронницкий', 'Вятка', 'Зарина', 'Зарендинский', 'Зорька', 'Катунский', 'Львовянка', 'Марс', 'Нецвит', 'Нива', 'Приамурец', 'Раменский', 'Ранняя Роза', 'Ресурс', 'Светлячок', 'Синюха' и 'Ибис'. Умеренную устойчивость (баллы от 0,8 до 1,0) проявили 18 сортов: 'Брянская Новинка', 'Варсна', 'Горизонт', 'Детскосельский', 'Зарево', 'Лента', 'Лебедь', 'Лошицкий', 'Орбита', 'Пролисок', 'Весна Белая', 'Вигри', 'Гарт', 'Красная Роза', 'Ласунок', 'Малахит', 'Олимп', 'Поленица', 'Почковидный', 'Тамбовский'.

Умеренной чувствительностью (от 1,2 до 1,6 баллов) характеризовались 26 сортов. Баллами от 1,8 до 2,2 оценивали симптомы болезни у 20 сортов. Поражаемыми (балл оценки выше 2,5) оказались 28 сортов. Симптомы болезни в

виде трещин отмечены на клубнях неустойчивых сортов 'Алмаз', 'Елизавета', 'Владикавказский', 'Евгиря', 'Чародей' и 'Явар'.

Среди сортов зарубежной селекции симптомы поражения отсутствовали у 'Constante' из Германии и 'Norland' из Великобритании. Единичные симптомы болезни (0,1 – 0,3 балла) отмечены на клубнях семи сортов 'Arkula', 'Lora' и 'Carla' из Германии; 'Fambo', 'Kondor' из Нидерландов, 'Ulster Sceptre' из Великобритании и 'Superior' из Канады. Баллами до 0,5 оценивали поражение клубней 18-ти сортов, среди них 'Antares', 'Frigga', 'Isabell', 'Karat', 'Karina', 'Selma', 'Viki' из Германии; 'Maris Ancher', 'Stormont Enterprise', 'Stroma' из Великобритании; 'Frisia', 'Grasia', 'Nascor', 'ZPC 78-M-91' из Нидерландов; 'Electra' из Бельгии; 'Anoka' из США и 'Lotos' из Польши. Близкий к этим значениям показатель устойчивости имел польский сорт 'Wszesne' (0,7 балла).

Умеренная чувствительность клубней (балл 1,0) отмечена у 16-ти сортов: шести немецких ('Carola', 'Fina', 'Gamma', 'Holde', 'Isna', 'Prinzes'); четырех голландских ('Bartina', 'Catarina', 'Empire', 'Monitor'), двух польских ('Darga' и клон '40579'), а также единичных сортов из Дании, Великобритании, Канады и Чехии. Несколько сильнее поражались 'Achat' из Германии, 'Sasanka' из Польши (балл 1,2) и сорта 'Redale Red' (1,3) из США и 'Ulster Prince' (1,4) из Великобритании. Поражение клубней, оцениваемое баллом 1,5 отмечено у 15-ти сортов: 'Fausta', 'Grata', 'Jessica' из Германии; 'Primura', 'Resy', 'Sirco' из Нидерландов; 'Ario', 'Heringa' из Франции, а также сортов 'Penn-71' из США, 'Pentland Marble' из Великобритании и 'Sapunar' из Румынии.

Баллами от 2,0 до 4,0 оценивали симптомы болезни на клубнях 33-х сортов. Сильное поражение, сопровождаемое трещинами, характерно для сортов 'Diseta', 'Estima' и 'Gaerla' из Нидерландов.

Раннеспелые клоны селекции ЛенНИИСХ проходили послеуборочную оценку в хранилище путем подсчета числа склеротий и балльной оценки некрозов на 20 клубнях каждого образца. Данные оценки симптомов поражения перспективных селекционных клонов приведены в таблице.

У клонов 304/25 и 3602/1 свободными от симптомов болезней были 15 клубней. У клона 304/25 склеротии отсутствовали на всех обследованных клубнях (см. таблицу). Отсутствие некрозов на 16-ти клубнях отмечено у клона 1509/1. У этого клона некрозы найдены только на 4-х клубнях. Единичные склеротии отмечены у клона 2804/3. Некрозы отсутствовали у 15 клубней этого образца. У 3602/28 отмечено несколько меньшее число клубней без склеротий. Два остальных клона уступали по устойчивости перечисленным выше.

Таблица. Чувствительность клубней селекционных клонов картофеля к ризоктониозу (Ленинградская область, «Белогорка», 2016–2017 гг.)

Table. Tuber susceptibility to black scurf in potato breeding clones ("Belogorka", Leningrad Province, 2016–2017)

Селекционный номер	Наличие склеротий, балл					Наличие некрозов, балл				
	9	8	7	6	от 5 до 1	9	8	7	6	от 5 до 1
3602/28	11	1	2	0	0	11	1	2	2	1
1604/4	8	4	3	1	0	8	0	1	2	1
2103/3	8	1	2	3	0	8	0	3	2	1
2804/3	15	1	0	0	0	15	1	1	2	0
304/25	15	0	0	0	0	15	1	2	2	0
3602/1	15	1	0	1	1	15	0	1	1	0
1509/1	16	2	1	1	0	16	0	0	0	0

Клоны 1509/1 и 1604/4 оценивали в 2017 и 2018 гг. в период уборки. В 2017 г. клон 1604/4 поражен в средней степени (балл 5,0). В 2018 г. он проявил умеренную устойчивость (балл 6,0). Такую же степень поражения клубней в 2018 г. наблюдали у клона 1509/1. В период уборки в 2017 и 2018 гг. изучили 10 других перспективных селекционных клонов. Как в 2017, так и в 2018 г. наименее поражаемым был клон 1414/1 (8,0 баллов). На клубнях клонов 1011/2, 113/6 и 414/2 в оба сезона отмечены незначительные симптомы болезни. Степень поражения клубней разных клонов различалась по годам. Более сильное поражение клубней ризоктониозом отмечено в 2017 г., условия которого в большей мере способствовали развитию инфекции. Так, в 2017 г. клубни клонов 511/1, 911/1 и 711/2 были сильно поражены (баллы 2,0, 4,0 и 1,0 соответственно). В 2018 г. поражение этих клонов было слабым – 8,0 баллов (511/1), 7,0 баллов (911/1) и 6,0 баллов (711/2). Симптомы болезни на клубнях клона 511/11 также были слабее в 2017 г. (балл 5,0) против 7,0 в 2018 г. В условиях 2017 г. выделены следующие клоны со слабым поражением клубней: 211/9, 113/6, 114/1 (7,0 баллов); 414/2 и 414/1 (8 баллов), а также клон 1011/2 (6,0 баллов).

Контроль за болезнями, в том числе паршами, в промышленных посадках осуществляется в основном с привлечением химических обработок. V. Sedlakova с соавторами (2013) исследовали устойчивость к обеим паршам у около полусотни сортов картофеля и пришли к выводу, что промышленные посадки, где применяют фунгициды, выигрывают в сравнении с органическими. По мнению других авторов, применение фунгицидов не является лучшим путем решения проблемы, т. к. помимо нанесения вреда экологии, оно дает небольшой эффект в борьбе с этими болезнями (Bautista et al., 2007, Grosch et al., 2005, Lahlali, Hijri, 2010). Ротация культур также может служить способом снижения иноулюма в почве, однако ее проведение затруднительно в большинстве районов с промышленными посадками картофеля (Bakali, Martín, 2006). Наиболее эффективным методом контроля является возделывание устойчивых сортов (Naz et al., 2008). С этой целью необходимо проведение широкомасштабного скрининга. Коллекция картофеля ВИР содержит большое число сортов разнообразного происхождения и является богатым источником материала для селекции. В результате проведенной работы выделены сорта и клоны селекции ЛенНИИСХ, слабо поражаемые патогенами.

Многие авторы отмечают, что среди разнообразия сортов только немногие характеризуются устойчивостью к паршам (Bains et al., 2002; Djébali, Belhassen, 2010; Khandaker et al., 2011; Leach, Webb, 1993; Naz et al., 2008; Olanya et al., 2009; Scholte, 1989; Yanar et al., 2005; Zhang et al., 2014). В наших опытах доля поражаемых и слабо поражаемых сортов также составила сравнительно небольшую часть от числа изученных.

Заключение

По результатам работы выделены сорта и селекционные клоны из коллекций ВИР и ЛенНИИСХ со слабой чувствительностью к исследуемым патогенам. Среди 217 сортов отечественной и зарубежной селекции по устойчивости к парше обыкновенной выделено 22. Слабые симптомы ризоктониоза отмечены на клубнях 34 из 126 изученных сортов отечественной селекции. Среди оцененных 93 сортов, интродуцированных из-за рубежа, по устойчивости выделено 25. Слабое поражение клубней ризоктониозом выявлено у селекционных клонов 113/6, 304/25, 414/2, 1011/2, 1414/1, 1509/1, 2804/3 и 3602/1, созданных в ЛенНИИСХ «Белогорка».

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0019 «Скрининг генофонда основных сельскохозяйственных культур по устойчивости к болезням и вредителям с использованием современных лабораторных методов, изучение эффективности источников устойчивости к вредным организмам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710361-8.

Работа выполнена в рамках Гос. задания ЛенНИИСХ по теме № 0672-2018-0002 номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А-18-118012900112-2.

References/Литература

- Ahrenniemi P. M., Lehtonen M. J., Wilson P. S., Valkonen J. P. T. Influence of farming system and black scurf infestation level of seed tubers on stem canker and bleach scurf (*Rhizoctonia solani*) of potato // Abstract book of 16th Triennial Conference EAPR, Bilbao, 2005, 17–22.07, pp. 335–338.
- Atkinson D., Thornton M. K., Mille J. S. Development of *Rhizoctonia solani* on stems, stolons and tubers of potato II. Efficacy of Chemical Applications // Am. J. Pot Res., 2011, vol. 88, p. 96. <https://doi.org/10.1007/s12230-010-9172-1>.
- Bains P. S., Bennypaul H. S., Lynch D. R., Kawchuk L. M., Schaupmeyer C. A. *Rhizoctonia* disease of potatoes (*Rhizoctonia solani*): fungicidal efficacy and cultivar susceptibility // Am. J. Pot. Res., 2002, vol. 79, pp. 99–106.
- Bakali A. M. E., Martín M. P. Black scurf of potato // Mycologist, vol. 20, pp. 130–132.
- Bautista G., Mendoza H., Uribe D. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* in native potato (*Solanum phureja*) plants using native *Pseudomonas fluorescens* // Acta Biologica Colombiana, 2007, vol. 12, pp. 19–32.
- Bior T., Roer L. Testing resistance of potato varieties to common scab // Potato Research, 1980, vol. 23, no 1, pp. 33–47. DOI: 10.1007/BF02364024.
- Bogucka H. Rizoktonioza ziemniaka // Ziemniak Polski, 1993, vol. 2, pp. 18–20.
- Buskila Y., Tsrer L., Sharon M., Teper-Bamnolker P., Holczer-Erich O., Warshavsky S., Ginzberg I., Burdman S., Eshel D. Postharvest dark skin spots in potato tubers are an over suberization response to *Rhizoctonia solani* infection // Phytopathology, 2011, vol. 101, no. 4, pp. 436–444. DOI: 10.1094/PHYTO-09-10-0251.
- Daami-Remadi M., Zammouri S., El Mahjoub M. Relative susceptibility of nine potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars to artificial and natural infection by *Rhizoctonia solani* as measured by stem canker severity, black scurf and plant growth // The African Journal of Plant Science and Biotechnology, 2008, vol. 2, no. 2, pp. 57–66.
- Djébal N., Belhassen T. Field study of the relative susceptibility of eleven potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties and the efficacy of two fungicides against *Rhizoctonia solani* attack // Crop Protection, 2010, vol. 29, pp. 998–1002.
- Grosch R., Faltin F., Lottmann J., Kofoet A., Berg G. Effectiveness of 3 antagonistic bacterial isolates to control *Rhizoctonia solani* Kühn on lettuce and potato // Can. J. Microbiol., 2005, vol. 51, pp. 345–353.
- Gudmestad N. C., Zink R. T., Huguélet J. E. The effect of harvest date and tuber-borne sclerotia on the severity of *Rhizoctonia* disease of potato // Am Potato J, 1979, vol. 56, pp. 35–41.
- Keiser A. *Rhizoctonia solani* – a fungal disease with multiple symptoms: means of preventive and curative control // In: Potato Research for a Production of Quality. Information Day, 2008, Changins.
- Keiser A., Häberli M., Stamp P. Quality deficiencies on potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers caused by *Rhizoctonia solani*, wireworms (*Agriotes* ssp.) and slugs (*Deroceras reticulatum*, *Arion hortensis*) in different farming systems // Field Crops Research, 2012, vol. 128, pp. 147–155.
- Khandaker M. M., Khair A., Bhuiyan M. K. A. Disease reaction of potato germplasms and true potato seeds against *Rhizoctonia solani* Kuhn. // Bangladesh J. Bot., 2011, vol. 40, pp. 193–196.
- Lahlali R., Hijri M. Screening, identification and evaluation of potential biocontrol fungal endophytes against *Rhizoctonia solani* AG3 on potato plants // FEMS Microbiol. Lett., 2010, vol. 311, pp. 152–159 [PubMed].
- Leach L. D., Garber R. H. Control of *Rhizoctonia* // In : *Rhizoctonia solani*, biology and pathology / Ed. by J. R. Parmeter, Jr. Univ of Calif Press. Berkeley, Calif, 1970, pp. 189–198.
- Leach S. S., Webb R. E. Evaluation of potato cultivars, clones and a true seed population for resistance to *Rhizoctonia solani* // Am. Potato J., 1993, vol. 70, pp. 317–328.
- Methodical instructions for the assessment of the potato breeding materials for resistance to late blight, black scurf, bacterial diseases and physical damage / Ed. A. S. Volovik, 1980, 52 p. [In Russian] (Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к

- фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям / Под ред. А. С. Воловика. М., 1980, 52 с.
- Naz F., Rauf C. A., Abbasi N. A., Irfan-Ul-Haque, Ahmad I. Influence of inoculum levels of *Rhizoctonia solani* and susceptibility on new potato germplasm // Pak. J. Bot., 2008, vol. 40, pp. 2199–2209.
- Olanya O. M., Lambert D. H., Reeves A. F., Porter G. A. Evaluation of potato clones for resistance to stem canker and tuber black scurf in field studies following artificial inoculation with *Rhizoctonia solani* AG-3 // Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2009, vol. 42, pp. 409–418.
- Polozhenets V. M. Methodology of the assessment of potato cultivars and hybrids for resistance to complex of diseases // Proceeding of the Conference “Actual trends and perspectives of potato breeding and seed science development”. 80th Anniversary of VNIICH. 2011, 11–13 July, Korenjovo, pp. 240–247 [in Russian] (Положенец В. М. Методология испытания сортов и гибридов картофеля на устойчивость к комплексу болезней // Материалы конференции «Современные тенденции и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля», посвященной 80-летию ВНИИКС. 2011, 11–13 июля, ВНИИКС, Коренево, С. 240–247).
- Qu D.Y., Jin L.P., Xie K.Y. The industry of potato in the past 10 years in China, 106 Beijing // China Agricultural Science and Technology Press, 2008.
- Rolfs F. M. Potato failures. A preliminary report // Colo Agri Expt Sta Bull., 1902, vol. 70, no. 1, p. 12.
- Sedláková V., Dejmalová J., Doleža L. P., Hausvater E., Sedlák P., Baštová P. Characterization of forty-four potato varieties for resistance to common scab, black scurf and silver scurf // Crop Protection, 2013, vol. 48, pp. 82–87.
- Schulte K. Effects of soil-borne *Rhizoctonia solani* Kühn on yield and quality of ten potato cultivars // Potato Research, 1989, vol. 32, pp. 367–376.
- Simons A. S., Galligan C. A. Relationships between stem canker, stolon canker, black scurf (*Rhizoctonia solanii*) and yield of potato (*Solanum tuberosum*) under different agronomic conditions // Plant Pathology, 1997, vol. 46, pp. 650–658.
- Stevenson F. J. Breeding varieties of potato resistant to disease and insect injuries // Am Potato J, 1956, vol. 33, pp. 37–46.
- Tsrer L., Peretz I. The influence of the inoculum source of *Rhizoctonia solani* on development of black scurf on potato // Journal of Phytopathology, 2005, pp. 240–244.
- Wanner L. A., K.G. Haynes. Aggressiveness of *Streptomyces* on four potato cultivars and common scab resistance breeding // Amer. J. Pot. Res. 2009, vol. 86, pp. 335–346.
- Woodhall J. W., Lees A. K., Edwards S. G., Jenkinson P. Characterization of *Rhizoctonia solani* from potato in Great Britain // Plant Pathol., 2007, vol. 56, pp. 286–295.
- Yanar Y., Yilmaz G., Casmeli I., Coskun S. Characterization of *Rhizoctonia solani* isolates from potatoes in Turkey and screening potato cultivars for resistance to AG-3 isolates // Phytoparasitica, 2005, vol. 33, pp. 370–376.
- Zhang XY, Yu XX, Yu Z, Xue YF, Qi LP. A simple method based on laboratory inoculum and field inoculum for evaluating potato resistance to black scurf caused by *Rhizoctonia solani* // Breed Sci., 2014, vol. 64, no. 2, pp. 156–163. DOI: [10.1270/jsbbs.64.156]

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-149-155

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.527: 634.21

Ф. М. Гасымов

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»
620142, Россия, г. Екатеринбург, ул. Белинского, д. 112 корп. А
e-mail:lstpk@mail.ru

Ключевые слова:

абрикос, сорт, зимостойкость, генеративные почки, цветение, плодоношение, урожайность.

Поступление:

29.03.2018

Принято:

10.12.2018

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙ АБРИКОСА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Продуктивность абрикосовых насаждений на Урале ограничивается нерегулярностью плодоношения в связи с низкой зимостойкостью плодовых почек большинства интродуцированных сортов. Отделом садоводства Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в 1999–2016 гг. изучена коллекция абрикоса различного географического происхождения в условиях Южного Урала. Многолетние исследования позволили выявить абiotические факторы, влияющие на урожайность этой культуры и выделить высокоадаптивные сорта с высокой продуктивностью в условиях Южно-Уральского региона ('Призер' – 9,4, 'Снежинский' – 9,2, 'Кичигинский' – 9,0 и 'Уралец' – 8,5 кг/дер.). Среди изученных генотипов встречаются нерегулярно плодоносящие формы, характеризующиеся низкой устойчивостью к неблагоприятным воздействиям абiotических факторов: 'Хабаровский' (0,9 кг/дер.) и 'Мичуринский № 22' (0,3 кг/дер.). В условиях Южного Урала в критические зимы (длительные морозы –40°C) в значительной степени повреждаются генеративные почки, что приводит отсутствию урожая абрикоса в эти годы. Несмотря на суровые условия зимы, степень подмерзания однолетних приростов местных сортов абрикоса была небольшая. Полевое обследование абрикосовых насаждений показало, что генеративные почки местных сортов абрикоса ('Кичигинский', 'Призер', 'Снежинский', 'Уралец') выдерживают морозы до –40...–43°C (2003 г.), если они кратковременны, а длительные морозы губят их полностью (2006, 2010 гг.). Кроме того, отмечается снижение урожая в результате весенних заморозков и колебания температуры в конце зимы (1999, 2014 гг.). Несмотря на обильное цветение в 2001, 2015 и 2016 гг. урожайность абрикоса в связи с заморозками во время цветения была низкой. Интродуцированные сорта 'Хабаровский' и 'Мичуринский № 22' за 18-летний период исследований плодоносили трижды.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-149-155

ORIGINAL ARTICLE

F. M. Gasymov

Southern Ural Research Institute of
Horticulture and Potato Growing,
112, bldg. A, Belinskogo St., Ekaterinburg,
620142, Russia;
e-mail: lstpk@mail.ru

Key words:

apricot, cultivar, winter hardiness,
generative buds, flowering, fruiting,
yield.

Received:

29.03.2018

Accepted:

10.12.2018

THE EFFECT OF ABIOTIC FACTORS ON APRICOT YIELD IN THE SOUTHERN URALS

The productivity of apricot plantations in the Urals is limited by the irregularity of fruiting due to poor fruit bud winter hardiness in a majority of introduced cultivars. In 1999–2016, a research project was underway at the Department of Horticulture, Southern Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing, aimed at studying the apricot collection accessions of diverse geographic origin under the climate conditions of the Southern Urals. Such a long-term study made it possible to identify abiotic factors affecting the yield of this crop as well as to select highly adaptive and high-yielding cultivars for the Southern Urals: 'Prizer' (9.4 kg/tree), 'Snezhinsky' (9.2 kg/tree), 'Kichiginsky' (9.0 kg/tree) and 'Uralets' (8.5 kg/tree). Among the studied genotypes there were tree forms with irregular fruiting pattern, characterized by low resistance to adverse effects of abiotic factors: 'Khabarovsky' (0.9 kg/tree) and 'Michurinsky No. 22' (0.3 kg/tree). In the environments of the Southern Urals, critical winters (continuous frosts of -40°C) considerably damage generative buds, which results in having no apricot harvest in such years. Despite the harsh winters, annual shoots of local apricot-trees tended to freeze only to a small degree. Field survey of the apricot plantations showed that generative buds of local apricot cultivars ('Kichiginsky', 'Prizer', 'Snezhinsky' and 'Uralets') could withstand frosts of $-40\ldots -43^{\circ}\text{C}$ (2003) only if they were brief, while continuous frosts destroyed them completely (2006, 2010). In addition, a decline in harvest was observed as a result of springtime frosts and temperature fluctuations in the end of winter (1999, 2014). Despite the abundant flowering in 2001, 2015 and 2016, the yield of apricot trees was low due to the frosts during the flowering period. Productivity of apricot trees also depends on their genetic characteristics, and in particular, on the geographical origin of cultivars. The introduced cultivars 'Khabarovsky' and 'Michurinsky No. 22' yielded fruit only thrice during the entire period of research.

Введение

Наиболее важной хозяйственно-биологической характеристикой плодовых культур является урожайность, которая в свою очередь зависит от состояния деревьев и определяется следующими факторами: выбором участка, уходом за насаждениями, погодными условиями, наличием сортов-опылителей.

Основным недостатком культуры абрикоса является нерегулярность плодоношения растений, что приводит к низкой рентабельности абрикосовых насаждений (Gorina, 2015). Абрикос, как правило, не подвержен генетически обусловленной периодичности плодоношения. Нерегулярность плодоношения абрикоса отмечена во многих районах его возделывания, что обусловлено зимней или ранневесенней гибелью цветковых почек (Smykov, 1989). Кроме того, нерегулярность в плодоношении связана с неправильным подбором сортов для климатических условий в местах возделывания.

Недостаточная зимостойкость генеративных почек актуальна для всех регионов возделывания абрикоса, а на территории Южного Урала повышению зимостойкости плодовых почек должно уделяться первостепенное внимание. Значительная часть существующего сортимента абрикоса в нашей зоне характеризуется низкой устойчивостью к неблагоприятным воздействиям биотических и абиотических факторов, что является главной причиной снижения их урожайности (Gasymov, 2016). Необходимое условие повышения продуктивности косточковых культур – подбор и создание сортов, обладающих необходимым комплексом биологических и хозяйственно ценных качеств.

Цель настоящего исследования – выделить на основе изучения генофонда абрикоса высокоадаптивные сорта для выращивания в условиях Южного Урала, отличающиеся высокой продуктивностью, и выявить абиотические факторы, влияющие на урожай абрикоса.

Материал и методика

Работа выполнена в Южно-Уральском научно-исследовательском институте садоводства и картофелеводства – филиале ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (г. Челябинск). Объектом исследований являлись сорта и перспективные формы абрикоса селекции ЮУНИИСК – ‘Призер’, ‘Снежинский’, ‘Кичигинский’, ‘Уралец’, ‘Бархатный’, ‘Челябинский ранний’, ‘Медовый’, ‘Золотая косточка’, ‘Пикантный’, а также других НИУ России – ‘Мичуринский 22’ (Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина), ‘Хабаровский’ (Дальневосточный НИИСХ) (см. табл. 1). Коллекция абрикоса высажена в 1991–1992 гг. по схеме $4 \times 1,5$ м.

Учеты и наблюдения, изучение зимостойкости, устойчивости цветков к заморозкам, урожайности проведены в полевых условиях по программам и методикам селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Programme and methodology..., 1973; Programme and methodology..., 1999) с 1999 по 2016 гг.

Урожайность, зимостойкость генеративных почек и устойчивость цветков к заморозкам изучали с начала плодоношения. Математическая обработка данных выполнена по методике Б. А. Доспехова (Dospikhov, 1985).

Результаты

Климат Южного Урала имеет ряд неблагоприятных моментов для развития плодового хозяйства. К ним относятся: сравнительно короткий вегетационный период,

возврат поздних весенних холодов, незначительное количество атмосферных осадков, суховеи, суровые и малоснежные зимы. Тем не менее, суровый климат не является препятствием развитию здесь садоводства (Gasymov, 2008).

В нашей зоне урожайность сортов абрикоса самым тесным образом связана с условиями зимы, в частности, с перезимовкой генеративных почек.

За период 2006–2017 гг. неблагоприятные условия для перезимовки абрикоса наблюдались в зиму 2006 и 2010 гг. Погодные условия в эти зимы были достаточно суровыми, наблюдались сильные (до -40°C) и длительные морозы. Несмотря на суровые условия зимы, степень подмерзания однолетних приростов местных сортов абрикоса была небольшая. Однако в значительной степени пострадали генеративные почки, что определило отсутствие урожая в эти годы (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность сортов абрикоса (2006–2016 гг., Южно-Уральский НИИСК, Челябинск)

Table 1. Productivity of apricot cultivars (2006–2016, Southern Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing, Chelyabinsk)

Сорта	Урожайность по годам исследований, кг/дер.											Средняя урожайность
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Призер	0	4,4	16,2	14,7	0	15,3	12,3	24,5	0	3,1	3,0	9,4
Снежинский	0	5,1	12,4	15,2	0	10,2	16,5	26,3	0	3,0	3,5	9,2
Кичигинский	0	3,6	7,5	16,4	0	12,5	15,4	27,4	0	3,3	3,4	9,0
Уралец	0	3,4	10,6	15,9	0	9,8	12,4	25,5	0	3,6	3,5	8,5
Бархатный	0	4,9	8,5	14,7	0	11,4	14,4	22,1	0	2,0	2,5	8,1
Челябинский ранний (контроль)	0	4,7	9,6	17,4	0	8,7	13,2	18,8	0	3,2	3,0	7,9
Медовый	0	3,5	11,3	12,3	0	8,4	9,5	23,2	0	3,7	3,9	7,6
Пикантный	0	5,2	8,1	11,8	0	8,6	15,2	19,3	0	3,6	3,5	7,5
Золотая косточка	0	2,9	5,8	17,3	0	7,7	10,2	17,2	0	2,5	2,0	6,6
Хабаровский	0	0	0	0	0	0	0	2,0	0	3,5	3,6	0,9
Мичуринский № 22	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	1,5	1,0	0,3

Для сортов НСР₀₅ = 2,09

Полевое обследование абрикосовых насаждений показало, что вымерзание генеративных почек у большинства изучаемых сортов абрикоса произошло не столько вследствие снижения температуры до минус 40°C , например, 22 февраля 2010 г., сколько из-за длительности морозного периода. Сопоставление погодных условий со степенью подмерзания генеративных почек сортов абрикоса в условиях Южного Урала показало, что в 2003 году местные сорта абрикоса выдерживали кратковременные морозы до -43°C (17.02.2003 г.), подмерзание генеративных почек у сортов ‘Снежинский’ и ‘Пикантный’ оценивалось по балловой шкале в 2,7, ‘Кичигинский’ – 2,8, ‘Призер’ – 2,9, ‘Уралец’ и ‘Челябинский ранний’ – 3,0 балла. Урожайность челябинских сортов абрикоса в 2003 году составила: у сорта ‘Челябинский ранний’ 5,4, ‘Призер’ – 5,5, ‘Кичигинский’ и ‘Уралец’ – 6,0, ‘Пикантный’ – 7,0, ‘Снежинский’ – 8,5 кг/дер. Напротив, в 2006 и 2010 гг. в результате длительных морозов до -40°C , например, с 16 по 26 января 2006 г. от $-34,8$ до $-40,7^{\circ}\text{C}$, с 26 по 30 января 2010 г. от $-28,2$ до $-38,3^{\circ}\text{C}$, с 19 по 22 февраля 2010 г. от $-28,0$ до $-40,0^{\circ}\text{C}$ погибли все плодовые почки (см. табл. 1).

Таким образом, можно сказать, что генеративные почки местных сортов абрикоса (‘Кичигинский’, ‘Призер’, ‘Снежинский’, ‘Уралец’ и др.) выдерживают морозы до $-40\ldots-43^{\circ}\text{C}$. (2003 г.) если они кратковременны, а длительные морозы губят их полностью (2006, 2010 гг.).

В Условиях Южного Урала существенное влияние на урожай абрикоса могут оказать колебания температуры в конце зимы. Так, в 2014 году в результате повышения температуры воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ (в течение недели), плодовые почки проснулись, а затем погибли вследствие возвратного заморозка. В начале зимы, когда деревья находятся в состоянии глубокого покоя, плодовые почки не повреждаются, например, в декабре 2000 года колебания температуры не повлияли на урожай, тогда как в 1999 и 2014 гг. колебания температуры в марте погубили генеративные почки у большинства сортов абрикоса.

На продуктивность сортов абрикоса также влияет весенние заморозки. Абрикос характеризуется ранним цветением (до начала распускания листьев), часто совпадающим с возвратными заморозками (Lesin, Slepneva, 2017). Например, несмотря на обильное цветение весной 2001, 2015 и 2016 гг., в результате заморозка до -5°C значительная часть цветков абрикоса погибла. Так, например, в 2016 году у сорта 'Кичигинский' она составила 70%, у сорта 'Призер' – 65%, у сорта 'Снежинский' – 60%, у сорта 'Уралец' – 60%, у сорта 'Пикантный' – 60%, у сорта 'Челябинский ранний' – 70% (рис. 1, 2). В результате продуктивность деревьев составила всего 2–4 кг, что в 2,5–5 раз меньше, чем обычно.



Рис. 1. Состояние цветков абрикоса сорта Кичигинский до заморозков в 2016 г.

Fig. 1. The state of apricot flowers before varieties Kichiginsky the frosts in 2016



Рис. 2. Состояние цветков абрикоса сорта Кичигинский после заморозков в 2016 г.

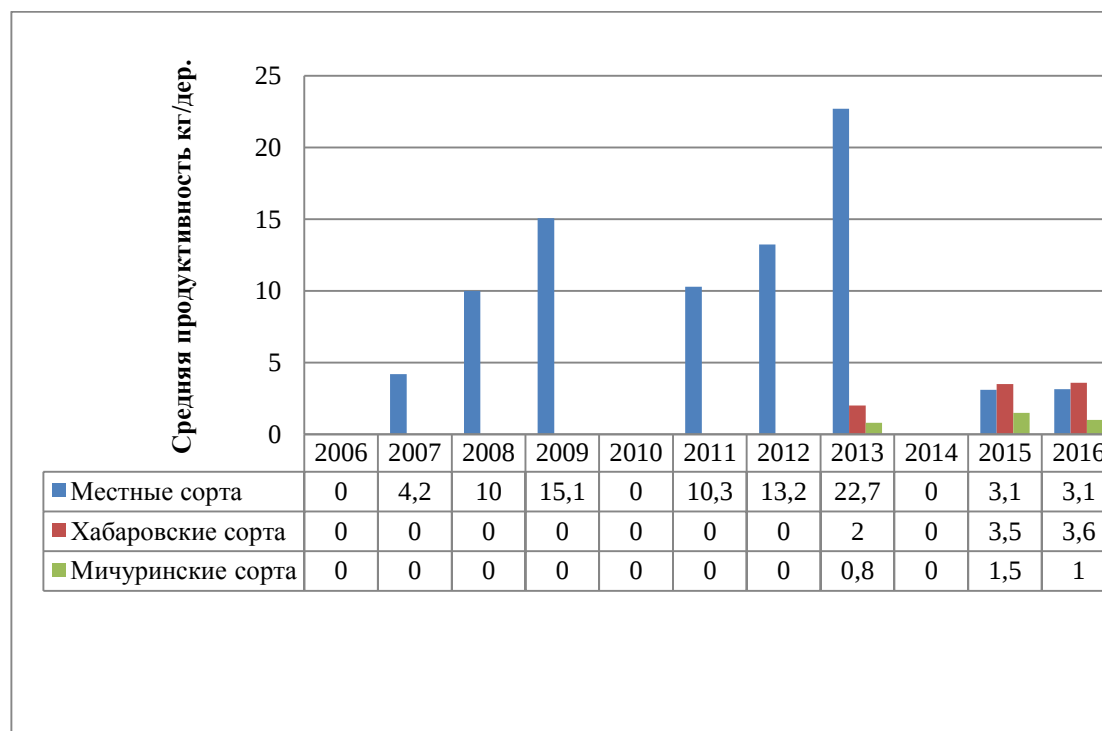
Fig. 2. The state of apricot flowers after varieties Kichiginsky the frosts in 2016

В условиях Южного Урала одним из решающих факторов урожайности абрикоса по сравнению с другими выращиваемыми плодовыми культурами, которые зацветают позднее, является температура воздуха во время цветения.

Таким образом, гибель генеративных почек абрикоса зависит от продолжительности критической температуры (минус 40°C) зимой и резких колебаний температуры в оттепельный период, когда положительные температуры воздуха сменяются отрицательными. Весенние заморозки повреждают сами цветки.

Урожайность сортов абрикоса также обусловлена сортовыми особенностями, в частности, их происхождением. Несмотря на то, что к настоящему времени в разных регионах страны в результате плодотворной селекционной работы создано большое количество перспективных сортов абрикоса, сочетающих хорошее качество плодов и высокий адаптивный потенциал, тем не менее, расширить уральский сортимент абрикоса за счет интродукции этих сортов пока не

удается. На Урале такие сорта, как 'Хабаровский' и 'Мичуринский № 22' плодоносят нерегулярно, а в суровые зимы полностью вымерзают (рис. 3).



Приложение: местные сорта – перечислены в методике исследований; хабаровский сорт – 'Хабаровский'; мичуринский сорт – 'Мичуринский 22'.

Рис. 3. Плодоношение местных и интродуцированных сортов абрикоса в условиях Челябинска (годы изучения 2006-2016 гг., Южно-Уральский НИИСК, Челябинск)

Fig. 3. Fruiting of apricot trees from different geographic areas in the environments of Chelyabinsk (2006–2016 years of study; Southern Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing, Chelyabinsk)

Из рисунка 3 видно, что за период наблюдений (2006–2016 гг.) местные сорта абрикоса в результате неблагоприятных погодных условиях только 3 раза (2006, 2010 и 2014 гг.) оказались без урожая. В то время как интродуцированные сорта всего 3 раза были с плодами. Как показали многолетние наблюдения (см. табл. 1) наиболее стабильным плодоношением характеризуются сорта 'Кичигинский', 'Призер', 'Снежинский' и 'Уралец' селекции Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства. В связи с этим для широкого распространения абрикоса на Урале первостепенное значение имеет создание местных высокоадаптивных сортов с высокой зимостойкостью, гарантирующей получение высоких и устойчивых по годам урожаев этой культуры.

Закключение

Гибель генеративных почек абрикоса зависит от критической температуры зимой (минус 40°C), резких колебаний температуры в оттепельный период, когда положительные температуры воздуха сменяются отрицательными. Заморозки в период цветения из-за гибели цветков также снижают продуктивность абрикоса на Южном Урале.

Проведенные исследования показали, что сорта абрикоса ‘Кичигинский’, ‘Призер’, ‘Снежинский’ и ‘Уралец’ селекции Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства (ЮУНИИСК – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН) характеризуются наиболее стабильным плодоношением по сравнению с интродуцированными.

References/Литература

- Apricot* / Ed. V. C. Smykov. Moscow: Agropromizdat, 1989, 240 p. [in Russian] (*Абрикос* / под ред. В. К. Смыкова. М.: Агропромиздат, 1989. 240 с.).
- Gasimov F. M. Winter resistance of varieties of apricot and plum in the Urals // Fruit growing and berries in Russia. 2008, vol. 18, pp. 438–443 [in Russian] (*Гасымов Ф. М.* Зимостойкость сортов абрикоса и сливы в условиях Урала // Плодоводство и ягодоводство России. 2008. Т. 18. С. 438–443).
- Gasimov F. M. New variety of plum Ural silvery // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2016, no. 4 (40), pp. 18–20 [in Russian] (*Гасымов Ф. М.* Новый сорт сливы Уральская серебристая // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (40). С. 18–20).
- Dospehov B. A. Practice of field experiment. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p. [in Russian] (*Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.).
- Gorina V. M. Prospects of using the gene pool of apricot of the Nikitsky Botanical Garden // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2015, no. 36 (6), pp. 43–56 [in Russian] (*Горина В. М.* Перспективы использования генофонда абрикоса Никитского ботанического сада // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 36 (6). С. 43–56).
- Lesin M. S., Slepneva T. N. Comparative evaluation of winter hardiness of apricot varieties on the Chelyabinsk fruit and berry GSU // Selection, seed-growing and technology of fruit and berry, vegetable crops and potatoes // Collection of scientific works. Compilers T. B. Lebedeva, O. V. Gordeev, A. A. Vasiliev. Chelyabinsk, 2017, pp. 112–117 [in Russian] (*Лезин М. С., Слепнева Т. Н.* Сравнительная оценка зимостойкости сортов абрикоса на Челябинском плодово-ягодном ГСУ / Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных, овощных культур и картофеля // Сборник научных трудов. Сост. Т. В. Лебедева, О. В. Гордеев, А. А. Васильев. Челябинск, 2017. С. 112–117).
- Programme and methodology of researching cultivar fruit, berry and nut crops* / ed. G. A. Lobanov. Michurinsk, 1973, 494 p. [in Russian] (*Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур* / под ред. Г. А. Лобанова. Мичуринск, 1973. 494 с.).
- Programme and methodology of researching cultivar fruit, berry and nut crops* / eds. E. N. Sedov and T. P. Ogoltsova. Orel, 1999, 608 p. [in Russian] (*Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур* / под ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. Орел, 1999. 608 с.).

УДК 634.75:631.52

С. Ф. Логинова

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
Россия, 196601, Санкт-Петербург,
Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2,
e-mail: svetaevadi@mail.ru

Ключевые слова:

земляника, пленочная теплица,
интродуцированные сорта,
сортоизучение, зимостойкость,
продуктивность

Поступление:

30.05.2018

Принято:

10.12.2018

S. F. Loginova

St. Petersburg State Agrarian University,
2, Peterburgskoye Shosse, Pushkin, St.
Petersburg, 196601, Russia;
e-mail: svetaevadi@mail.ru

Key words:

strawberry, plastic film greenhouse,
introduced cultivars, variety study,
winter hardiness, productivity

Received:

30.05.2018

Accepted:

10.12.2018

ЗИМОСТОЙКОСТЬ И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ В УСЛОВИЯХ ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Актуальность. Интенсивный поток сортов земляники из-за рубежа в последние годы и множество способов ее выращивания ставят первоочередной задачей в Северо-Западном регионе РФ всестороннее, ускоренное изучение сортов в новых для них почвенно-климатических условиях. **Материал и методика.** В 2016, 2017 годах на базе Санкт-Петербургского государственного аграрного университета проводились исследования 35-ти новых интродуцированных сортов земляники согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Первично изучены биометрические показатели сортов земляники, зимостойкость, полный цикл прохождения фенологических фаз развития растений, устойчивость к обыкновенному паутинному клещу, продуктивность, являющиеся критериями для возделывания в условиях пленочной теплицы в Ленинградской области. **Результаты и выводы.** Первичное изучение интродуцированных сортов в пленочных теплицах Ленинградской области позволило предварительно выделить по комплексу признаков – зимостойкость, продуктивность, устойчивость к обыкновенному паутинному клещу – такие сорта, как ‘Вечная весна’, ‘Выставочная’, ‘Юбилейная Говоровой’, ‘Jive’, ‘Diamante’, ‘Elianny’, требующие дальнейшего изучения по комплексу хозяйственно полезных признаков.

ORIGINAL ARTICLE

WINTER HARDINESS AND BIOMETRIC INDICES OF INTRODUCED STRAWBERRY CULTIVARS UNDER PLASTIC FILM GREENHOUSE CONDITIONS IN LENINGRAD PROVINCE

Background. The intensive inflow of strawberry cultivars from abroad in recent years and a great number of cultivation practices make an accelerated comprehensive study of these cultivars in new soil and climate conditions a high priority for the Northwest of the Russian Federation. **Materials and methods.** In 2016–2017, 35 newly introduced strawberry cultivars were studied at St. Petersburg State Agrarian University according to the Program and Methodology of Variety Research on Fruit, Berry and Nut Crops. The primary study focused on the biometric characteristics of strawberry cultivars, their winter hardiness, performance of the full cycle of phenological stages in plant development, resistance to spider mite, and productivity. These are the main criteria for cultivars to be grown in plastic film greenhouses in Leningrad Province. **Results and conclusion.** The primary study of the introduced cultivars under plastic film greenhouse conditions in Leningrad Province and their evaluation for winter hardiness, productivity and spider mite resistance made it possible to identify the cultivars ‘Vechnaya Vesna’, ‘Vystavochnaya’, ‘Yubileynaya Govorovoy’ ‘Jive’, ‘Diamante’ and ‘Elianny’ as promising for cultivation. They require further research targeted at a set of economically important traits.

Введение

Земляника является одной из ведущих ягодных культур. К первой половине XXI века существует более 3000 сортов и десятков технологий ее выращивания. Благодаря достоинствам, связанным с ее биологией, хозяйственно ценными признаками, адаптивностью, интерес к культуре возрастает год от года.

Почвенно-климатические условия Ленинградской области в целом благоприятны для возделывания земляники. И при правильном подходе к работе с культурой земляника способна давать урожай до 18 т/га и более.

В государственный реестр селекционных достижений на 02.02.2018 года внесены 93 сорта земляники, третья часть из которых допущена к выращиванию в Северо-Западном регионе, включая Ленинградскую область. Районированы: 'Анастасия' (год включения в Госреестр 2004), 'Барон Солемахер' (2013), 'Вима Рина' (2007), 'Витязь' (1999), 'Гирлянда' (2012), 'Дивная' (2004), 'Елизавета 2' (2004), 'Заря' (1974), 'Зенга Зенгана' (1972), 'Золотинка' (2015), 'Золушка' (1989), 'Йошкарولينка' (2014), 'Калинка' (2009), 'Кокетка' (2011), 'Кокинская ранняя' (1985), 'Красавица Загорья' (1959), 'Крымская ремонтантная' (2014), 'Любавя' (2014), 'Любаша' (2011), 'Московский деликатес' (1999), 'Надежда' (1989), 'Онега' (2009), 'Орлец' (1999), 'Ред Гонтлет' (1986), 'Руслан' (2009), 'Руяна' (1997), 'Сударушка' (2000), 'Троицкая' (2006), 'Фестивальная' (1965), 'Щедрая' (1979), 'Юния Смайдж' (1990) (<http://reestr.gossort.com/reestr/culture/321>).



Рисунок. Выращивание земляники в условиях пленочной теплицы (Республика Крым, Бахчисарайский р-н, с. Холмовка; май 2018 г. (Фото С. Ф. Логиновой)
Figure. Strawberry cultivation in a plastic film greenhouse (Kholmovka Village, Bakhchysarai District, Republic of Crimea; May 2018) (Photo by S. F. Loginova)

Основная работа по изучению культуры в Северо-Западном регионе ведется во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) и Санкт-Петербургском государственном аграрном университете (СПбГАУ), а также в плодопитомниках и на участках садоводов-любителей.

Интенсивный поток сортов земляники, поступающих из-за рубежа, первоочередной задачей ставит всестороннее их изучение в новых почвенно-климатических условиях. Кроме того, выращивание земляники в пленочных теплицах в настоящее время является актуальным. Даже в южных регионах страны она выращивается в теплицах. Например, в самом крупном хозяйстве по производству свежих ягод земляники в Крыму тепличный комплекс занимает площадь 8 га, средняя урожайность 25 т/га (рисунок). Для условий Ленинградской области сопоставление интродуцированных сортов с сортами российской селекции, выполненное в условиях пленочной теплицы на большом объеме материала, не проводилось.

Цель исследования – дать оценку интродуцированных сортов земляники, подобрать перспективные для выращивания в пленочных теплицах. Основными задачами были: изучение роста и развития земляники в условиях пленочной теплицы в Ленинградской области, учет зимостойкости и общего состояния растений, характера продуктивности сортов и поражения болезнями и вредителями.

Материалы и методы

В 2016, 2017 гг. на базе СПбГАУ проводились исследования новых интродуцированных сортов земляники в условиях пленочных теплиц в Ленинградской области согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Program..., 1999).

Опыт был заложен 1 июня 2016 года в теплице с пленочным покрытием многолетнего использования стандартной рассадой с закрытой корневой системой, выращенной из «фриго», на грядах по схеме 4 растения на 1 м², в 3-кратной повторности, рендомизированно. Уход за растениями включал: поливы, прополки, 2-кратную подкормку комплексным удобрением для земляники «Гера». В зимний период растения находились в той же теплице без дополнительного укрытия, пленка с теплицы частично снималась.

Объектами исследования служили 35 сортов земляники (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), выведенные селекционерами США – ‘Benicia’, ‘Camarosa’, ‘San Andreas’, ‘Selva’, ‘Diamante’; Италии – ‘Asia’, ‘Alba’, ‘Clery’, ‘Roxana’, ‘Syria’; Голландии – ‘Jive’, ‘Pineberry’, ‘Rumba’, ‘Salsa’, ‘Sonata’, ‘Tago’, ‘Felicia’, ‘Flair’, ‘Figaro’, ‘Elianny’; Франции – ‘Anablanca’, ‘Darselect’, ‘Daroyal’; Великобритании – ‘Manill’, ‘Sassett’, ‘Verity’, ‘Flamenco’; Беларуси – ‘Белорусочка’; России – ‘Вечная весна’, ‘Выставочная’, ‘Карнавал’, ‘Юбилейная Говоровой’, ‘Первый поцелуй’, ‘Снежана’. В качестве контроля был районированный сорт ‘Елизавета 2’.

Основными критериями для оценки сортов в условиях пленочной теплицы в Ленинградской области служили: высокая зимостойкость, полный цикл прохождения фенологических фаз развития растений, устойчивость к обыкновенному паутинному клещу, продуктивность.

Зимостойкость растений выражали в баллах и процентах: 0 баллов – повреждения отсутствуют, 1 балл – повреждено до 10%, 2 балла – повреждено до 25%, 3 балла – повреждено до 50%, 4 балла – повреждено до 75% растений, 5 баллов – повреждено более 75% растений (почти полное вымерзание).

Продуктивность отмечали в баллах: 5 баллов – отличное цветение и завязывание плодов, близкое к 100%, 4 балла – хорошее цветение и завязывание плодов до 75%, 3 балла – удовлетворительное цветение и завязывание плодов до 50%, 2 балла – слабое цветение и завязывание плодов, 1 балл – слабое цветение, плоды не завязались, 0 баллов – цветение отсутствовало, 00 – растения погибли.

Повреждаемость обыкновенным паутинным клещом отмечали в баллах и процентах: 0 баллов – повреждение отсутствует, 1 балл – повреждено до 10%

листьев растения, 2 балла – повреждено до 25%, 3 балла – повреждено до 50%, 4 балла – повреждено до 75% листьев, 5 баллов – растение полностью погибло.

Результаты и обсуждение

Не смотря на немного запоздавшее для Ленинградской области время посадки весной, условия пленочной теплицы позволили растениям интенсивно развиваться в кратчайшие сроки. Большая часть сортов уже 12 июня цвела.

Общее состояние растений у большинства сортов было хорошее и отличное, что соответствовало 4–5-ти баллам. Однако были и исключения. Так, сорта ‘Camarosa’ и ‘Pineberry’ имели удовлетворительную оценку общего состояния, а сорта ‘Verity’ и ‘Selva’ – неудовлетворительную.

Наблюдения за сортами земляники в теплицах позволили сгруппировать их по показателям ритма развития и роста продуктивности.

Большее количество рожков в первый год образовали ‘Manill’, ‘Camarosa’, ‘Flair’ и ‘Elianny’, в среднем 2 шт./ куст.

Появление цветоносов и цветение позволило сгруппировать сорта по продуктивности следующим образом:

1 группа – ранние с одним цветоносом и малым количеством цветков (1–3 шт.) – ‘Asia’, ‘Verity’, ‘Manill’, ‘Rumba’, ‘Sassett’, ‘Flamenco’, ‘Flair’, ‘Elianny’;

2 группа – ранние с одним цветоносом и 4–7-ю цветками – ‘Вечная весна’, ‘Снежана’, ‘Anablanca’, ‘Benicia’, ‘Daroyal’, ‘Clery’, ‘Roxana’, ‘Salsa’, ‘Tago’;

3 группа – ранние с одним цветоносом и 8 цветками – ‘Елизавета 2’;

4 группа – ранние с 2–3-мя цветоносами и 4–6-ю цветками – ‘Darselect’, ‘Camarosa’;

5 группа – не зацветшие в первый год – ‘Белорусочка’, ‘Выставочная’, ‘Карнавал’, ‘Первый поцелуй’, ‘Юбилейная Говоровой’, ‘Alba’, ‘Jive’, ‘Diamante’, ‘Pineberry’, ‘San Andreas’, ‘Selva’, ‘Syria’, ‘Sonata’, ‘Felicia’, ‘Figaro’.

Все цветоносы на растениях после проведения учетов в первый год были удалены.

Габитус кустов по сортам значительно различался. Высота сортов ‘Выставочная’, ‘Daroyal’, ‘Salsa’, ‘Tago’ существенно превышала другие сорта и находилась в пределах 21–33 см, в то время как высота остальных была от 7 до 17 см. Наиболее облиственными были ‘Снежана’, ‘Карнавал’, ‘Figaro’, ‘Flair’, ‘Elianny’, ‘Manill’ (6 листьев/растение), менее облиственными – остальные сорта (3–4).

Столь значительная разница может объясняться и их генетическим происхождением, и нарушением ритма развития, и различным отношением к свету (фотопериодизмом).

Большая часть сортов в оригинале ремонтантны. Условия естественной освещенности в Ленинградской области существенно отличаются от других световых зон России. Пленочное покрытие теплиц (поливинилхлоридная пленка) пропускает до 80% солнечной радиации. В год исследования сумма активных температур и освещенность соответствовали минимальным значениям, необходимым для благоприятного развития культуры, что могло сказаться на ритме роста и развития сортов земляники.

Для земляники повреждающими факторами являются резкие понижения температуры при отсутствии или незначительной высоте снега осенью и зимой, а также сильное похолодание после оттепели.

Условия перезимовки в пленочной теплице существенно меняются и влияют на растения. Температура внутри теплицы может быть выше, особенно в дневные

часы, но при этом отсутствие снега и резкое понижение температуры оказывают отрицательное влияние на перезимовку растений.

Погодные условия зимнего периода 2016/2017 гг. были нетипичными. Понижение температуры в ноябре сменилось продолжительной оттепелью, продолжавшейся весь декабрь. Колебания температуры в этот период составили от -11°C до $+6^{\circ}\text{C}$. Повышение температуры в декабре и отсутствие снежного покрова сменилось резким, но непродолжительным похолоданием в январе до -22°C , и снова наступило потепление. Февраль был снежным и нехолодным – от $-6 \dots -8^{\circ}\text{C}$ днем и до $-8 \dots -10^{\circ}\text{C}$ ночью. Снежный покров, образовавшийся только к середине января, к концу февраля на большей части территории области уже сошел.

Оценка зимостойкости изучаемых сортов земляники представлена в таблице 1.

Таблица 1. Зимостойкость интродуцированных сортов земляники в условиях пленочной теплицы в Ленинградской области (2016, 2017 гг.; среднее)
Table 1. Winter hardiness of the introduced strawberry cultivars under plastic film greenhouse conditions in Leningrad Province (2016, 2017; mean values)

Сорт	Подмерзание, %	Зимостойкость 2-летних растений, балл	Зимостойкость 1-летних растений, балл
Елизавета 2, Diamante, Elianny, Jive	отсутствует	0	0
Вечная весна, Выставочная, Юбилейная Говоровой	10	1	1
Белорусочка, Benicia	25	3	1
Первый поцелуй, Anablanca, Daroyal, Roxana	>25	3	2
Карнавал, Asia, Alba, Camarosa, Clery, Manill, Flamenco	>50	4	3
Rumba, Salsa	<75	4	4
Снежана, Syria, Tago, Felicia, Flair, Figaro	75	5	4
San Andreas, Sassett, Sonata	> 75	5	5
Verity, Darselect, Pineberry, Selva	гибель растения	вымерзли	

У 18-ти исследуемых сортов зимостойкость однолетних растений оказалась выше двухлетних в основном на 1 балл, исключение составили сорта 'Белорусочка' и 'Benicia' с разницей в 2 балла. У 15-ти сортов зимостойкость однолетних растений не отличалась от двухлетних. Более зимостойкими в условиях пленочных теплиц оказались в целом, включая контроль, сорта: 'Diamante', 'Elianny', 'Jive'. Подмерзание на этих сортах не наблюдали. Небольшое подмерзание до 10% (1 балл) было на сортах 'Вечная весна', 'Выставочная', 'Юбилейная Говоровой'.

Далее по зимостойкости сорта распределились следующим образом: погибли в результате сильного подмерзания – 'Verity', 'Darselect', 'Pineberry', 'Selva'; сильно подмерзли свыше 75% – 'San Andreas', 'Sassett', 'Sonata'; подмерзли до 75% – 'Снежана', 'Syria', 'Tago', 'Felicia', 'Flair', 'Figaro', 'Salsa', 'Rumba'; подмерзание до 50% – 'Карнавал', 'Asia', 'Alba', 'Camarosa', 'Clery', 'Manill', 'Flamenco'; подмерзание в пределах 25% – 'Первый поцелуй', 'Anablanca', 'Daroyal', 'Roxana'.

Микроклимат теплицы способствовал также более раннему началу усообразования у сортов. Наблюдали сильную разницу в количественной и качественной побегообразовательной способности сортов (табл. 2). Развившиеся усы и розетки зимовали в теплице рядом с материнскими растениями.

Побегообразовательную способность учитывали весной (перезимовавшие усы и розетки) и осенью (вновь образовавшиеся усы и розетки) 2017 г. В целом немногие сорта имели хороший коэффициент размножения. В первый год вегетации он был

наибольшим. Так, в среднем за 2 года наибольшее число усов и качественных розеток 1-го сорта имели сорта: 'Вечная весна', 'Елизавета 2', 'Benicia', 'Diamante', 'Jive'.

Таблица 2. Продуктивность интродуцированных сортов земляники и повреждаемость обыкновенным паутинным клещом в условиях пленочной теплицы в Ленинградской области (2016, 2017 гг.)

Table 2. Productivity of the introduced strawberry cultivars and damage caused by spider mite under plastic film greenhouse conditions in Leningrad Province (2016, 2017)

№ п/п	Сорт	Продуктивность, балл	Побегообразовательная способность, шт./куст			Повреждаемость обыкновенным паутинным клещом, балл
			усов	розеток 1-го сорта	розеток 2-го сорта	
1	Белорусочка	3	11	8	6	0
2	Вечная весна	5	5	25	6	1
3	Выставочная	5	6	4	2	0
4	Елизавета 2	5	10	23	6	1
5	Карнавал	0	4	7	10	0
6	Первый поцелуй	5	2	—	—	1
7	Снежана	5	2	2	2	1
8	Юбилейная Говоровой	5	3	3	2	1
9	Alba	2	6	5	9	3
10	Anablanca	4	4	12	9	3
11	Asia	2	5	10	1	0
12	Benicia	3	11	23	25	2
13	Camarosa	4	14	6	2	1
14	Clery	4	2	3	1	2
15	Darselect	00	—	—	—	—
16	Daroyal	0	10	8	11	0
17	Diamante	3	8	28	8	0
18	Elianny	5	1	1	1	1
19	Felicia	4	2	2	1	1
20	Figaro	3	1	1	1	1
21	Flamenco	3	1	1	1	1
22	Flair	5	5	1	1	1
23	Jive	4	11	30	10	0
24	Manill	4	1	1	—	0
25	Pineberry	00	—	—	—	—
26	Roxana	3	2	2	1	3
27	Rumba	4	2	2	—	3
28	Salsa	4	3	2	1	3
29	San Andreas	00	—	—	—	—
30	Sassett	00	—	—	—	—
31	Selva	00	—	—	—	—
32	Syria	4	2	2	2	1
33	Sonata	5	1	1	—	0
34	Tago	4	2	2	1	0
35	Verity	00	—	—	—	—

Наиболее продуктивными были сорта: 'Вечная весна', 'Выставочная', 'Елизавета 2', 'Первый поцелуй', 'Снежана', 'Юбилейная Говоровой', 'Elianny', 'Flair'.

Из опасных вредителей земляники в период исследования особенно проявился обыкновенный паутинный клещ.

Данные таблицы 2 показывают, что наибольшую устойчивость к повреждению обыкновенным паутинным клещом проявили сорта: 'Белорусочка', 'Выставочная', 'Карнавал', 'Asia', 'Daroyal', 'Diamante', 'Jive', 'Manill', 'Sonata', 'Tago'.

В результате первичного изучения недостаточно адаптивными для условий Ленинградской области оказались следующие сорта: 'Verity', 'Sassett' (Великобритания),

‘Darselect’ (Франция), ‘Pineberry’, ‘Sonata’, ‘Tago’, ‘Felicia’, ‘Flair’, ‘Figaro’, ‘Salsa’, ‘Rumba’ (Голландия), ‘San Andreas’ (США), ‘Снежана’ (Россия), ‘Syria’ (Италия).

Имели показатели ниже средних по районированным и ранее исследованным сортам: ‘Asia’, ‘Alba’, ‘Clery’, ‘Roxana’ (Италия), ‘Camarosa’ (США), ‘Manill’, ‘Flamenco’ (Великобритания), ‘Карнавал’, ‘Первый поцелуй’ (Россия), ‘Anablanca’, ‘Daroyal’ (Франция).

На уровне стандарта были: ‘Diamante’ (США), ‘Elianny’, ‘Jive’ (Голландия), а также близкими к стандарту и другим ранее изученным сортам по комплексу признаков (Loginova, Atroshchenko, 2016) – ‘Вечная весна’, ‘Выставочная’, ‘Юбилейная Говоровой’ (Россия).

Сорт ‘Diamante’ выведен специалистами Калифорнийского университета. В большинстве регионов России считается одним из лучших по вкусовым качествам и показателям продуктивности, а также наиболее адаптированным ремонтантным сортом.

Сорт ‘Elianny’ был выведен в 1998 году и его особенностью является длительный период плодоношения. Ценность сорта в душистых и красивых плодах, но сорт довольно требователен к грунту и микроклимату.

Сорт ‘Jive’ ценится за поздний и продолжительный срок созревания, высокую продуктивность и вкусовые качества, высоко адаптивен к условиям выращивания, устойчив к мучнистой росе и корневым гнилям.

Сорта ‘Вечная весна’, ‘Выставочная’, ‘Юбилейная Говоровой’ выведены в России селекционером Г. Ф. Говоровой и сочетают комплексную устойчивость к болезням и вредителям с высокими показателями урожайности, качества плодов и адаптивности к условиям произрастания.

Заключение

Предварительное изучение 35 интродуцированных сортов земляники в пленочных теплицах Ленинградской области позволило выделить:

- по зимостойкости – ‘Diamante’, ‘Elianny’, ‘Jive’, ‘Вечная весна’, ‘Выставочная’, ‘Юбилейная Говоровой’;
- по продуктивности – ‘Вечная весна’, ‘Выставочная’, ‘Первый поцелуй’, ‘Снежана’, ‘Юбилейная Говоровой’, ‘Elianny’, ‘Flair’;
- по устойчивости к обыкновенному паутинному клещу – ‘Белорусочка’, ‘Выставочная’, ‘Карнавал’, ‘Asia’, ‘Daroyal’, ‘Diamante’, ‘Jive’, ‘Manill’, ‘Sonata’, ‘Tago’;
- по комплексу признаков – ‘Вечная весна’, ‘Выставочная’, ‘Юбилейная Говоровой’, ‘Jive’, ‘Diamante’, ‘Elianny’.

Исследование интродуцированных сортов земляники должно быть продолжено, причем особое внимание следует обратить на сорта ‘Выставочная’, ‘Diamante’, ‘Elianny’, ‘Вечная весна’, ‘Юбилейная Говоровой’, ‘Jive’, отличившиеся по целому комплексу хозяйственно ценных признаков.

References/Литература

- Gosudarstvenny` reestr selektsionnykh dostizheniy, dopushhenny` k ispol`zovaniyu. Moscow, 2018 [in Russian] [http://reestr.gossort.com/reestr/culture/321\(dasta_poseshheniya_16.02.2018\)](http://reestr.gossort.com/reestr/culture/321(dasta_poseshheniya_16.02.2018)). (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, М., 2018; [http://reestr.gossort.com/reestr/culture/321\(дата_посещения_16.02.2018\)](http://reestr.gossort.com/reestr/culture/321(дата_посещения_16.02.2018))).
- Program and methodology for the variety research of fruit, berry and nut-bearing crops. Orel : VNIISPK, 1999, pp. 17–443 [in Russian] (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел : ВНИИСПК, 1999. С. 17–443).
- Loginova S. F., Atroshchenko G. P Evaluation of introduced strawberry varieties for breeding and practice // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2016, vol. 177, iss. 2, pp. 89–98 [in Russian] (Логинова С. Ф., Атрощенко Г. П. Оценка интродуцированных сортов земляники для селекции и практики // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177, вып. 2. С. 89–98).

Сообщение
о проведении VIII Международной научно-практической конференции
«Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного
мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и
правовые аспекты)»
1–5 октября 2018 г. в пгт. Никита, г. Ялта, Республика Крым, Россия

А. В. Шлявас

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

С 1 по 5 октября 2018 года в Никитском ботаническом саду – Национальном центре РАН прошла VIII Международная научно-практическая конференция «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)» – YaltaBitex 2018. Конференция организована в тесном сотрудничестве с Международным обществом исследований в садоводстве International Society for Horticultural Science (ISHS).

В YaltaBitex 2018 приняли участие более 100 ученых из 68 научно-исследовательских учреждений 14 стран: Бразилии, Коста-Рики, Таиланда, Ирана, Израиля, Германии, Италии, Чехии, Хорватии, Финляндии, Азербайджана, Белоруссии, Казахстана и России. В работе конференции участвовал известный ученый и нобелевский лауреат Jain Shri Mohan.

Работа научного форума была посвящена обмену новыми теоретическими и практическими результатами в области изучения, сохранения биоразнообразия растительных организмов с применением современных биотехнологий. Участники конференции обсудили такие вопросы, как теоретические и прикладные аспекты клонального микроразмножения растений; создание коллекций *in vitro*, методы сохранения генофонда; изучение биоразнообразия растений *in vitro*, *in situ*, *ex situ* и нормативно-правовая база сохранения биоразнообразия; молекулярно-генетические методы в изучении биоразнообразия растений и селекции сельскохозяйственных культур; биохимические исследования растительного генофонда, получение и использование биологически активных веществ; физиологические аспекты развития и устойчивости растений.

Участниками конференции сделано 7 пленарных докладов, 44 секционных и 46 стендовых. ISHS отметило лучшие выступления молодых ученых: за устный доклад на тему «Генетическое разнообразие *Tulipa suaveolens* в Крыму по данным ISSR маркирования» награждена Т. А. Крицкая (Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, г. Саратов) и за стендовую презентацию по теме «Исследование антимикробной активности NCR-пептидов гороха посевного (*P. sativum* L.) против растительных эндофитных бактерий р. *Bacillus* и *Rahnella*» награду вручили Е. Н. Васильевой (ФГБНУ ВНИИ Сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург).

Опубликован сборник тезисов конференции. Материалы конференции в виде статей будут опубликованы в журнале «Acta Horticulturae», индексируемом в международных базах данных «Web of Science» и «Scopus», а также в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-164-176

ОБЗОР

УДК 635.652:004.043

**Т. В. Буравцева,
Г. П. Егорова,
М. А. Вишнякова**

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

Ключевые слова:

фасоль, паспортная БД, генофонд,
история, систематизация, селекция

Поступление:

02.11.2018

Принято:

10.12.2018

ПАСПОРТНАЯ БАЗА ДАННЫХ КОЛЛЕКЦИИ ФАСОЛИ ВИР КАК ИНСТРУМЕНТ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ, ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИИ КОЛЛЕКЦИИ И МОНИТОРИНГА МИРОВОЙ СЕЛЕКЦИИ КУЛЬТУРЫ (Обзор)

Основным документом, свидетельствующим о составе коллекции, является паспортная база данных (БД), содержащая основные сведения об образце: его название, статус, происхождение, год поступления в коллекцию и т. п. Стремление к максимальной детализации информации в БД открывает целый ряд возможностей для структуризации и изучения имеющегося разнообразия. История приведения документации коллекции фасоли в систему имеет несколько этапов. С 1923 г. начались системные записи поступлений фасоли в коллекцию в специальных журналах, называемых каталогами. С середины 1960-х гг. осуществлялись сбор и обработка информации с применением ЭВМ. В 1990-х гг. созданные БД были перенесены на персональные компьютеры. В наши дни это электронная паспортная БД, унифицированная в соответствии с современными международными требованиями и имеющая 35 полей. Анализ паспортной БД фасоли свидетельствует о наличии в коллекции фасоли 6586 образцов в постоянном каталоге. Образцы принадлежат к четырем культурным видам различного селекционного статуса из 102 стран мира. Большая часть коллекции (61%) представлена образцами европейского происхождения. Образцы из Северной и Южной Америки (более 600 и 460 обр. соответственно) составляют 17% коллекции, генофонд стран Азии – 16%. Самые большие поступления в коллекцию за многолетнюю ее историю были из СССР (2129 обр.). Паспортная БД позволяет также осуществлять мониторинг мировой селекции культуры, так как в большой степени отражает историю и современное состояние селекции фасоли в зарубежных странах, бывших союзных республиках и в Российской Федерации. Целью данной статьи стал анализ паспортной БД коллекции фасоли ВИР и сохраняемой в ней информации, а также ретроспективный очерк документации коллекции фасоли в ВИР.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-164-176

OVERVIEW

**T. V. Buravtseva,
G. P. Egorova,
M. A. Vishnyakova**

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

Key words:

beans, passport database, gene pool,
history, systematization, breeding

Received:

02.11.2018

Accepted:

10.12.2018

THE 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)

The main document attesting the composition of a collection is the passport database (DB), which contains basic information about every accession: its name, status, origin, the year of its placement into the collection, etc. The effort to include every detail of such information into the database opens up a number of possibilities for structuring and exploring the diversity available. For the bean collection, the history of its systemization has had several stages. In 1923, systemic recording of bean accessions that entered the collection started with their registration in special journals, called catalogues. Since the middle of the 1960s, computer aids have been used for data logging and processing. In the 1990s, the DBs thus developed were transferred to personal computers. Today, such data are formatted as a computerized passport database, unified in accordance with modern international standards and consisting of 35 fields. Analysis of the *Phaseolus* passport database has shown that the bean collection consists of 6586 accessions, registered in the permanent catalogue. These accessions represent four cultivated species of different breeding status from 102 countries of the world. The largest percentage in the collection belongs to the accessions of European origin (61%). The accessions from North and South Americas (over 600 and 460 entries, respectively) make up 17% of the collection, while the gene pool of Asian countries, 16%. The biggest replenishments of VIR's bean collection in its entire long history happened in the times of the USSR (2129 entries). The passport DB also makes it possible to conduct worldwide monitoring of the breeding work with beans, because it provides a comprehensive overview of the history of bean breeding and its present-day status in foreign countries, the ex-USSR republics and the Russian Federation. The purpose of this article has been to analyze the passport database of VIR's bean collection and the information stored in it, and produce a retrospective essay on the documentation of the *Phaseolus* germplasm holdings at VIR.

Введение. Фасоль обыкновенная – одна из наиболее популярных зернобобовых культур в мире. В 2016 г. мировое производство фасоли составило 50 429 108 т, а производственные площади достигли 30 950 050 га (FAO, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc> (дата обращения: 27.09.2018; далее в тексте все данные по производству и посевным площадям приводятся с указанного сайта). В Российской Федерации фасоль, несмотря на большую популярность у населения, до сих пор не получила производственных масштабов и остается культурой для личных и небольших фермерских хозяйств. Между тем, объем импорта фасоли как зерновой, так и овощной (консервированной и замороженной) возрастает год от года в связи с ростом ее популярности и спроса у населения. Так, общий объем импорта фасоли в Россию в 2012 г. составил 18,9 тыс. т., в 2013 – 24 тыс. т. По итогам 2017 года импорт замороженной фасоли превысил экспорт в 85 раз (Express review, <http://www.e-o.ru/news/238468> (дата обращения 27.09.2018)). Успехи селекции культуры, создание скороспелых кустовых форм значительно расширили адаптивные качества культуры и продвинули возможности ее культивирования в достаточно высокие широты, включая Ленинградскую область. Все это дает основание ожидать в перспективе гораздо большего внимания к этой культуре со стороны селекционеров и расширение ее производства в нашей стране. Это, в свою очередь, должно привести к повышенному спросу на исходный материал, источником которого уже более ста лет является коллекция фасоли ВИР.

Основным документом, свидетельствующим о составе коллекции и наличии в ней образцов, является паспортная БД. Она, как известно, содержит основные сведения об образце, сопровождающие его при поступлении в коллекцию и, возможно, приобретенные и уточненные впоследствии: его название, статус, происхождение, год поступления в коллекцию и т. п. Поддержание и верификация паспортной базы данных – одна из основных обязанностей кураторов коллекций. Паспортную БД составляют на основании информации в основном каталоге. Структура и способ заполнения полей унифицированы в соответствии с Международными дескрипторами. Паспортная БД ВИР является частью Европейского Информационно-Поискового Каталога – EURISCO (European Search Catalogue for Plant Genetic Resources), который объединяет национальные паспортные БД в унифицированном формате и отражает качественные и количественные показатели состояния мировых ГРП. Интегрирование паспортных БД по культурам в Европейский каталог предполагает следование его структуре, то есть более детальную характеристику образцов, что определяет необходимость сбора всей доступной информации о каждом образце (Vishnyakova et al, 2010). Стремление к максимальной детализации информации в БД открывает целый ряд возможностей для структуризации и изучения имеющегося разнообразия. Из паспортной БД можно почерпнуть данные о географическом распространении культуры, получить представление о ее популярности в тех или иных регионах мира, первичные сведения об истории ее селекции, а также современном состоянии селекции в разных странах мира. Паспортная БД предоставляет также сведения об истории создания коллекции, экспедициях, пополнивших состав коллекции, и людях, через которых материал поступал в коллекцию.

Цель данной статьи – анализ паспортной БД коллекции фасоли ВИР и сохраняемой в ней информации, а также ретроспективный очерк документации коллекции фасоли в ВИР.

История документирования коллекции. Паспортизация образцов, поступающих в коллекцию, многие годы осуществлялась посредством записей в журналы, называемые каталогами. Первые единичные поступления фасоли в коллекцию

произошли в 1910–1912 гг., к 1921 г. в ней было 156 образцов. Однако системные записи поступлений фасоли в коллекцию начались только в 1923 году, со времени создания отдела зернобобовых культур под руководством Л. И. Говорова. К этому времени коллекция фасоли составляла уже 1811 образцов. Записи в журналах имели следующую структуру: № каталога, №, за которым образец получен, под каким названием получен, время поступления и год урожая, откуда получен, от кого или через кого получен, происхождение, предварительное описание образца, ботаническая группа, примечание. Письменная паспортизация в каталогах, которые в 2018 г. были оцифрованы, как документы, имеющие историческую ценность, продолжалась до середины 1960-х гг. С появлением ЭВМ активизировались попытки усовершенствования системы паспортизации коллекции. В ВИР началась работа по подготовке данных для счетно-перфорационной математической обработки. Создавались перфокартотеки, осуществлялась их математическая обработка (Akakiev, Zaitsev, 1966, 1967; Miroschnichenko et al., 1968). Постоянное расширение коллекции, необходимость упорядочения информации, единство методов ее представления и возможность развития информационно-поисковой системы привели в 1970-х гг. к переходу на новую систему сбора и обработки информации с применением ЭВМ, а также к составлению классификаторов (Korneychuk et al., 1978). В 1979 г. вышел первый классификатор рода *Phaseolus* L. (Budanova, Lagutina, 1979). Затем, в целях унификации терминологии, используемой при описании признаков, и для совершенствования способов сбора, хранения и обработки этой информации на ЭВМ, а также для единообразного описания сортов из национальных коллекций, на первом этапе создания единого генного банка СЭВ, были разработаны Широкий унифицированный классификатор СЭВ (Budanova et al., 1984) и Международный классификатор СЭВ (Budanova et al., 1985) культурных видов рода *Phaseolus* L. Создание БД по культурам в ВИР и по фасоли в том числе осуществлялось в конце 1980-х. В 1990-х гг. созданные БД были перенесены на персональные компьютеры типа IBMPC, появилась необходимость использовать современные технические возможности в больших по объему массивах информации для выборки и анализа данных. Структура и способы заполнения полей БД фасоли были унифицированы в соответствии с требованиями EURISCO, и в 1998 г. паспортная БД фасоли вошла в European PHASEOLUS Database ECP/GR (Federal Office of Agrobiolgy A-4020 Linz/Austria). В настоящее время паспортная база данных коллекции фасоли ВИР имеет 35 унифицированных полей, 10 из которых заполнены на 100%. Однако некоторые сведения по части образцов отсутствуют, и поэтому есть поля разной степени заполненности. Особенно это относится к полям экспедиционных сборов (местонахождение и координаты места сбора), генеалогии и данным по институтам-донорам. Приведем анализ сведений о коллекции фасоли, источником которых послужила паспортная БД.

Объем коллекции и ее разнообразие. В коллекции фасоли ВИР 7775 образцов: 6586 – в постоянном и 1189 – во временном каталоге. Она включает 4 культурных вида: *Phaseolus vulgaris* L. – обыкновенная (7577 обр.), *Phaseolus lunatus* L. – лимская (64), *Phaseolus coccineus* L. – огненная, многоцветковая (72), *Phaseolus acutifolius* A. Gray – тепари, остролистная (62). Основную часть коллекции (97%) составляет фасоль обыкновенная. Это основной и практически единственный вид фасоли, возделываемый в РФ в качестве продовольственной культуры. Фасоль лимская занимает второе место в мире по распространению после обыкновенной, что объясняется вкусовыми качествами, высокой урожайностью, хорошей разваримостью семян. В России площади под лимской фасолью незначительны, доказана возможность успешной культуры ее в Краснодарском крае. Фасоль

остролистная отличается засухоустойчивостью и пригодна для выращивания лишь на юге России. Фасоль огненная или многоцветковая возделывается преимущественно как декоративный вид, хотя в районах с достаточным для него теплообеспечением формирует хорошие урожаи семян, обладающих высокими пищевыми достоинствами. Статус образцов. Местных сортов в коллекции – 29,4%, селекционных – 25,8%, селекционных линий – 4,5% от общего числа образцов. Статус не определен примерно у 40% образцов, что объясняется как отсутствием точных данных при поступлении образцов, так и необходимостью их уточнения.

История коллекции. Исторические аспекты создания коллекции фасоли подробно изложены нами ранее (Buravtseva, Egorova, 2012). В данной статье мы повторим только этапные моменты становления коллекции. Первые поступления фасоли относятся к 1910 и 1912 гг., когда заведующим Бюро по прикладной ботанике был еще Р. Э. Регель (рисунок).



Рисунок. Число образцов *Phaseolus* L., поступивших в коллекцию в разные периоды ее истории.

Figure. The number of *Phaseolus* L. accessions added to the collection in different periods of its history.

В дальнейшем большие партии были включены в коллекцию в 1921–1923 г. после поездки Н. И. Вавилова в США и создания там Американского Бюро прикладной ботаники (представитель Д. Н. Бородин) и в результате сборов в Южной Америке – вторичном очаге разнообразия фасоли (экспедиции С. М. Букасова в 1926 г., С. В. Юзепчука в 1928 г.). Великая Отечественная война прервала поступления новых образцов в коллекцию. После войны, в 1947–1948 гг. коллекция пополнялась за счет получения материала из различных ботанических садов, селекционных и опытных станций СССР. Зарубежные экспедиции ВИРа были возобновлены в 1950-е годы. Наиболее плодотворными для коллекции фасоли в послевоенные годы были экспедиции И. И. Мирошниченко и Т. Н. Шевчука в Болгарию и П. М. Жуковского в Мексику, Латинскую Америку, Италию и Францию. Значительные поступления отмечены в 1970-е годы за счет выписки (Нидерланды, США, ГДР) и экспедиций в Колумбию, Чили, Мексику, Азербайджан и другие страны. В дальнейшем коллекция планомерно пополнялась путем выписки и экспедиций.

Географическое разнообразие. Коллекция содержит образцы разного селекционного статуса из 102 стран мира. Основными странами-производителями фасоли являются Бразилия (2615832 т), США (1311556 т), Мексика (1176847 т), Танзания (1163281 т). В коллекции они представлены более чем 600 образцами (около 10% от общего числа образцов) и распределяются следующим образом: Бразилия – 42, США – 489, Мексика – 96, Танзания – 9 образцов. Образцы из Северной и Южной Америки (более 600 и 460 обр. соответственно) составляют 17% коллекции. Значительным количеством образцов, в основном вьющихся и позднеспелых, представлены Чили (255) и Колумбия (76). Также в коллекции ВИР имеется 70 образцов из Канады, где занимаются селекцией фасоли на скороспелость. Большая часть коллекции (61%) представлена образцами европейского происхождения, наибольшее число образцов получено Германии (8%), Франции (5%), Нидерландов (4%), Болгарии (5%), Венгрии (5%). За пятивековую историю возделывания фасоли в Европе создано множество местных и селекционных сортов разных направлений использования и разных морфотипов (вьющиеся, полувьющиеся, кустовые), адаптированных к условиям определенных регионов (Zeven, 1997). Географический состав коллекции наглядно отражает популярность и уровень селекции в этих странах. Генофонд стран Азии составляет 16% (1076 обр.) коллекции и представлен образцами из бывших союзных республик (474), азиатской части России (187), Ирана (81), Китая (73), Индии (54) и др. Около 1% коллекции составляют современные сорта из Австралии, 3% – образцы различного статуса из Африки. При соотнесении состава коллекции с политической картой мира можно утверждать, что самые большие поступления в коллекцию за многолетнюю ее историю были из СССР (2129 обр.) – из районов наибольшей распространенности культуры: Грузинской, Молдавской и Украинской ССР, Краснодарского края. Следует подчеркнуть, что страна, из которой поступил образец, не всегда является местом его происхождения. Для конкретизации этого аспекта в БД имеются поля DONCTY (страна, откуда получен образец) и ORIGCTY (страна происхождения). Тем не менее, сортовой состав и многолетнее изучение коллекции дают представление о состоянии и об особенностях селекции в той или иной стране. Приводим очерк о развитии селекции фасоли в разных странах мира.

Селекция фасоли в бывших союзных республиках. В начале XX века в СССР было несколько учреждений, работающих по селекции фасоли: Полтавская и Днепропетровская опытные станции (Украина), Кутаисское опытное поле (Грузия), сорта которых поступали в коллекцию в 1922–1927 гг. Эти учреждения проводили работу по изучению местного материала, агротехники, отбору лучших образцов и выведению сортов для своих районов. Высокие требования предъявлялись сортам, создаваемым на Украине. Наряду с продуктивностью и устойчивостью к комплексу болезней они должны были противостоять засухе. Большую работу по селекции фасоли проводили ВНИИ кукурузы, Украинский НИИ растениеводства им. В. Я. Юрьева и опытно-селекционные станции. Первые украинские образцы поступили в коллекцию в 1919 г. от соратницы Н. И. Вавилова О. П. Якушкиной. Это были селекционные линии с Харьковской областной станции. В дальнейшем коллекция пополнялась селекционным материалом и местными образцами, собранными в результате 9 экспедиций. Всего в коллекции более 500 образцов украинского происхождения. В Молдавии работа по селекции фасоли начата в 1945 году. Сорта зерновой фасоли создавали на опытной станции по селекции и генетике Кишиневского сельскохозяйственного института и на Молдавской Государственной селекционной станции (МолдНИИПК). Работа по селекции овощной фасоли проводилась в Молдавском НИИ орошаемого

земледелия и овощеводства (г. Тирасполь). Первые образцы из Молдавии, в основном сорта и селекционные линии, появились в коллекции после 1945 г. В настоящее время в коллекции – более 300 образцов. В Грузии работа по селекции фасоли проводилась на Мцхетской селекционной станции Грузинского НИИ земледелия, где с успехом использовали индуцированный и химический мутагенез. На Горийской опытной станции был выведен овощной сорт ‘Бербукская’ с округлыми мясистыми бобами, пригодными для консервирования. Грузинский генофонд в коллекции ВИР представлен 240 образцами, полученными по выписке и собранными в экспедициях. В Армении селекция фасоли осуществляется на Республиканской селекционно-семеноводческой станции. В коллекции 36 образцов армянского происхождения, собранных в экспедициях и являющихся, в основном, местными сортами. Из стран Прибалтики в коллекции имеется 11 образцов, поступивших с 1927 по 1950 гг., среди них раннеспелые сорта ‘Lip-Lap’ (Эстония) и ‘Baltia’ (Литва), сорт ‘Снегуолес’, полученный на Дотнувской селекционной опытной станции (Литва) был районирован в 1943 году. Крупные достижения по селекции раннеспелых сортов фасоли имеются в республике Беларусь. Селекция здесь осуществлялась в Белорусском НИИ земледелия, в Белорусской сельскохозяйственной академии, а в настоящее время и в РУП Институт овощеводства, который передал свои сорта в коллекцию ВИР в 2018 г. Поступления в коллекцию из Среднеазиатских стран немногочисленны: Казахстан – 31 обр., Таджикистан – 20 обр., Киргизия – 8 обр., Узбекистан – 9 обр., Туркменистан – 3 обр.

Селекция фасоли в РФ. Основной задачей селекции фасоли в России является создание высокопродуктивных сортов с высоким адаптивным потенциалом, устойчивых к болезням, вредителям, абиотическим стрессорам, пригодных к механизированной уборке. В задачу селекции овощных сортов фасоли также входит повышение качества недозрелых бобов (отсутствие пергаментного слоя и волокна). Для России культура фасоли сравнительно молодая. Некоторое признание она приобрела лишь в третьей четверти XIX века. Первые селекционные сорта в нашей стране создавались массовым отбором из иностранных сортов коллекции, некоторые из них до сих пор районированы и востребованы (‘Сакса без волокна 615’, ‘Триумф сахарный 764’) (State Register of Breeding Achievements (reestr.gossort.com/reestr/culture/20 (дата обращения 23.09.2018)). Селекцией фасоли тогда занимались Грибовская ОСС (Московская обл.), Воронежская овощная опытная станция (с 1935 г. – Верхнехавская опытная станция), Степная опытная станция, Сибирский НИИ сельского хозяйства. Государственное испытание сортов фасоли было начато с 1929 г., первые районированные сорта зернового использования относятся к 1938 г., овощного – к 1943 г. Одними из первых были районированы во многих областях РСФСР раннеспелые сорта зернового (‘Триумф’ и ‘Щедрая’) и овощного (‘Грибовская 92’, ‘Кустовая без волокна 85’, ‘Сакса без волокна 615’, ‘Триумф сахарный 764’ и др.) направления. К 1960 г. было районировано 33 сорта, из них 18 селекционных, 12 местных и 3 зарубежных. Исследования оценки устойчивости фасоли к пониженным температурам и заморозкам позволили выделить сорт-классификатор ‘Щедрая’. При изучении различных реакций растений на среду до сих пор пользуется большой популярностью у физиологов и агрофизиков ультраскороспелый сорт ‘Мексиканская’ (к-3839). Сорт был выделен из мексиканского образца, поступившего в коллекцию в 1926 году в результате экспедиции ВИР (С. М. Букасов). В дальнейшем большая работа по селекции овощной фасоли проводилась на Крымской опытно-селекционной станции ВИР. Первые сорта на этой станции (‘Зеленостручная 517’, ‘Хрупкая восковая 509’, ‘Карликовая 17’,

‘Румынская восковая’) были отобраны из лучших сортов коллекции. На станции в течение многих лет Л. В. Лагутиной проводилась работа по изучению и сортоиспытанию овощных сортов и форм фасоли. Из сортов ‘Sprite’, ‘Tenderette’, ‘Dynamit’ были получены сорта ‘Кубанка’, ‘Лира’, ‘Диалог’. Впоследствии были получены овощные сорта ‘Росинка’, ‘Восточка’, ‘Славянка’, ‘Забава’ и другие. В настоящее время Госреестр селекционных достижений включает 22 сорта зерновой и 136 сортов овощной фасоли (State Register of Breeding Achievements (reestr.gossort.com/reestr/culture/20) (дата обращения 23.09.2018).

Современные селекционные учреждения РФ. Самыми крупными селекционными учреждениями в РФ являются: Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (ВНИИЗБК, г. Орел), Федеральный научный центр овощеводства (ВНИИССОК, Московская обл.), Воронежская овощная опытная станция, Краснодарский НИИ овощного и картофельного хозяйства, Приморская овощная станция, Сибирский НИИ растениеводства и селекции, Северо-Кавказская опытная станция и другие. Работа по изучению и селекции фасоли ведется также в целом ряде ВУЗов и НИУ, не носящих официального статуса селекционных учреждений, например, в Омском государственном аграрном университете.

В начале 2000-х годов была произведена инвентаризация и учет паспортных БД российских селекционных центров с целью выявления дублетных образцов и систематизации генетического разнообразия в России. Была получена информация о 262 образцах *Phaseolus vulgaris*, из которых 245 обр. были местными сортами (LR), 16 – селекционными сортами (AC) и 1 обр. – селекционная линия (BR). Анализ этих данных показал, что суммарная численность образцов, содержащихся в селекционных учреждениях России, составляет лишь 4,1% от образцов, имеющих в коллекции ВИР.

Селекция в странах Европы направлена на создание высокоурожайных, устойчивых к болезням сортов. Большую селекционную работу с этой культурой ведут во Франции, Нидерландах, Болгарии, Германии, Венгрии, Румынии и т. д. В европейских странах селекционеры достигли значительных успехов в создании новых сортов, обладающих ценными признаками.

Селекция фасоли во Франции ведет начало с середины XIX века. Преимущественное направление – создание овощных сортов с окрашенными семенами, устойчивых к болезням. Большей частью у сортов Франции семена желтые, удлиненные, средних размеров. Кусты темно-зеленой окраски, часто с антоцианом. Бобы узкие, темно-зеленые с фиолетовыми слабыми штрихами (‘Vilnel’, ‘Favornel’) или с сильной штриховкой (‘Regalfin’, ‘Zebrinil’). Большинство сортов устойчивы к обыкновенной мозаике, выносливы к бактериозу (‘Maxidor’, ‘Cafeton’); имеются сорта устойчивые к антракнозу – ‘Royalnel’, ‘Strinel’, ‘Vilnel’. В коллекции 331 образец из Франции, при этом самые значительные поступления были в 1922 году (47 обр.) по выписке из всемирно известной селекционно-семеноводческой фирмы Vilmorin et Andrie. Такие сорта как ‘Mont d’Or’, ‘Чудо Парижа’, ‘Черный Принц’, созданные этой фирмой в начале XX века, до сих пор используются в селекции и популярны во многих европейских странах, включая Россию. В последние годы (2017–2018) из Ресурсного центра по прикладной ботанике (CRBA – Centre de Ressources de Botanique Appliquee, Франция) в коллекцию поступили староместные французские сорта, что позволило восстановить некоторые утраченные образцы.

В Нидерландах получают высокие урожаи овощной фасоли за счет выведения устойчивых сортов к болезням, частой сортосмены и применению удобрений. Сорта Нидерландов выделяются по пригодности к механизированной уборке.

Большую работу проводит институт фитопатологических исследований в Вагенингене (Wageningen), ни один сорт не выпускается в производство без проверки на устойчивость к болезням. В этой стране, обладающей морским, умеренно-тёплым климатом, налажено производство фасоли в открытом грунте с марта по октябрь. Наиболее распространенные сорта: 'Сека', 'Berna', 'Ака', 'Excelsior' и др. В коллекции ВИР 238 образцов из этой страны, первый образец поступил в 1924 году. В коллекцию неоднократно поступали сорта из семеноводческой фирмы Royal Sluis.

Традиционно популярной культурой, импортируемой в СССР, в 1960–1970-х гг. была фасоль из Болгарии. В этой стране проводилась большая селекционная работа, в результате которой созданы высокопродуктивные и устойчивые к болезням сорта 'Русе 13', 'Русе 17', 'Коларовец 27', 'Добруджански 2', 'Търново 13' и 'Астор'. Позже были получены устойчивые к обыкновенной мозаике и с высоким качеством бобов сорта 'Заря', 'Ореол' и т. д. При изучении в ВИР фасоли зернового направления из Болгарии наиболее ранним созреванием характеризовались сорта 'Русе-ИЗР-30', 'Русенски ран', 'Пловдив 564', 'Житарово', 'Minibel'; их вегетационный период составлял в среднем 80–90 дней (Buravtseva, 1989). Однако в последние годы посевные площади в Болгарии имеют явную тенденцию к сокращению. Если в 1960-х гг. они составляли 100–200 тыс. га, то в начале 2000-х они составляли уже около 30 тыс. га, к 2011 году резко сократились – до 1100 га, а в 2016 г. составили 3100 га. В коллекции ВИР 312 образцов из Болгарии. Болгарские образцы начали поступать в коллекцию ВИР с 1926 г. В коллекции представлены почти все известные в Болгарии районированные селекционные и местные сорта зерновой и овощной фасоли. В основном это образцы с вьющейся, редко с кустовой и полувьющейся формой куста, среднепоздние и поздние, с белыми, крупными семенами.

В Германии посевные площади в 2016 г. составили 4000 га, производят в основном овощные сорта. Из них давно известны 'Saxa', 'Wilhelm', 'Declivis Romulus', 'Declivis Remus', 'Valja', 'Lusia' и др. Из зерновых сортов наиболее распространен сорт 'Ragalla'. Для консервирования целыми бобами ценятся сорта с коротким размером боба – 'Multima', 'Meteor', 'Konserva'. Занимается селекцией и семеноводством фирма Van Waveren. Ею распространены устойчивые к обыкновенной мозаике сорта 'Walo', 'Favorit', 'Meteor', 'Watex'. В коллекции ВИР 506 образцов из Германии, первые были получены в 1922 году (43 обр.); в 1963 г. из генбанка Gatersleben поступило 46 образцов.

В Венгрии наиболее популярны кустовые, мелкосемянные формы фасоли, ведется работа по селекции зерновой фасоли, изучаются местные зерновые сорта. Из сортов местной селекции выращиваются 'Tápó cirnos', 'Nagykalloi', 'Budai Tarka' и др. Высокую урожайность показали венгерские сорта 'Start' и 'Bolyi Tarka', местный сорт 'Express furj'. По общему содержанию белка в семенах лучшими были сорта 'Start' и 'Toraz' из группы окрашенных семян. В коллекции ВИР 320 образцов из Венгрии, первые были получены в 1932 году (4 обр.).

В Румынии посевные площади в 2016 г. составили 25 тыс. га. По сравнению с прошлым веком они заметно сократились (в 1960–70 гг. – 1436–100 га; в 1980-е 500 тыс. га, в 1990-е – 80 тыс. га). Селекционная работа направлена на создание линий с высоким потенциалом урожайности, а также с хорошей приспособленностью к неблагоприятным условиям среды ('F-416', 'F-332', 'Progres', 'Orizont', 'Premial'). Сорта 'Orizont' и 'Premial' обладают высокой экологической пластичностью. Основные направления селекции – создание сортов, устойчивых к болезням, а также кустовых раннеспелых ('Ardeliana') и пригодных к механизированному возделыванию и уборке сортов ('Astra'), устойчивых к ряду

бактериальных болезней, выделены доноры устойчивости к болезням ('Ceali', 'Progres' и др.). В коллекции ВИР 94 образца из Румынии, первые были получены в 1954 г. (4 обр.). В 2002 г. в результате экспедиции коллекция румынских образцов была пополнена местными образцами, один из них (к-15539) – туршевый с метисной окраской семян и представляет интерес для селекции этого направления использования.

В Чехословакии фасоль выращивалась раньше как зерновая культура. Селекционная работа этой страны была направлена на создание высокоурожайных, устойчивых к болезням сортов. Здесь выведены высокопродуктивные, устойчивые к бактериозу сорта 'Alfa', 'Gama', 'Magna', 'Julia', 'Prima', 'Helia', 'Hera', 'Salva', 'Ultima'. Сейчас этой культуре уделяется мало внимания. Посевные площади очень небольшие. В коллекции ВИР 170 образцов из Чехословакии, первые получены в 1926 г. (16 обр.).

Из бывшей Югославии в коллекции 86 образцов, первые получены в 1928 г. (2 обр.), основные поступления относятся к 1948–1949 гг. (46 обр.). Фасоль очень популярна в этой стране, селекция этой культуры наиболее развита в современной Сербии, где посевные площади в 2016 г. составили более 30 тыс. га.

В Польше посевные площади составляют 20–25 тыс. га ежегодно. Селекция направлена на выведение скороспелых, холодостойких, устойчивых к болезням сортов. Широко распространены сорта 'Augustynka', 'Justynka', 'Igolomska', 'Slowianka'. В коллекции ВИР 49 образцов из Польши, первые были получены в 1961 году (9 обр.).

В Италии посевные площади под фасолью составляют 19 тыс. га овощной и около 6 тыс. га зерновой фасоли. Здесь широко проводится экологическое изучение фасоли при разной агротехнике. Выделены высокопродуктивные сорта, имеющие стабильный урожай в разных условиях выращивания (Ranalli, 1996; 1999). В коллекции 44 обр. из Италии, 17 образцов поступили в 1924–1927 гг. и представляют собой уникальные староместные сорта.

В Англии фасоль возделывается в основном как овощная культура. Селекция ставит главной задачей раннеспелость и устойчивость к болезням. В коллекции 40 образцов, поступивших из этой страны.

Селекция в странах Америки, Австралии, Африки. Селекция фасоли в Канаде начата более 120 лет назад, в настоящее время направлена на создание раннеспелых, продуктивных, устойчивых к болезням сортов (Navabi, 2014). В коллекцию ВИР первые образцы поступили в 1921 г. с селекционной станции в Оттаве. Коллекция насчитывает более 70 канадских образцов.

В США успешно работают по селекции фасоли в университетах и на сельскохозяйственных опытных станциях штатов Мичиган, Висконсин, Небраска и др. В стране созданы сорта, многие из которых получили широкое распространение благодаря их раннеспелости ('Great Northern', 'Yules', 'Sanilac', 'Saginaw', 'Seafarer' и др.), продуктивности ('Michelite', 'Contender'), пригодности к механизированной уборке ('Aurora', 'Blue Lake'), устойчивости к болезням ('Robust', 'Charlevoix', 'Mecosta', 'Montcalm', 'Gloria', 'Rosa'), засухоустойчивости ('Pinto'). Сорта фасоли, полученные из США, с успехом могут использоваться как исходный материал для селекции. Коллекция насчитывает более 400 образцов из США, первые из которых поступили в 1921 г.

Мексика является родиной хорошо известных видов фасоли – обыкновенной, декоративной и остролистной. Научная селекция фасоли в Мексике начата с 1970-х гг. и направлена на создание сортов, адаптированных к местным условиям, а также устойчивых к антракнозу. Из коллекции мексиканских образцов были выделены сорта, устойчивые к антракнозу, 'Mexico 222' и 'Mexico 227'. Сейчас

в коллекции фасоли более 100 мексиканских образцов, поступивших в результате экспедиций ВИР в 1925–1933 гг. (С. М. Букасов, С. В. Юзепчук, Ю. И. Воронов и Н. И. Вавилов), в 1958 г. (П. М. Жуковский) и в 1968 г. (К. З. Будин).

С 1928 г. в коллекцию поступают образцы из Чили. На сегодняшний день в коллекции 240 образцов из этой страны. Они характеризуются выющимся типом куста и позднеспелостью. Широко известен чилийский образец под названием ‘Осаного’ с резко выраженными доминантными признаками, поступивший в коллекцию в 1973 г.

Из Венесуэльских поступлений в коллекцию был выделен сорт ‘Corneli 49–242’, давший начало всем европейским устойчивым к антракнозу сортам. Ген «Are», найденный в этом сорте, является носителем устойчивости к 6 расам антракноза (Chekalin, 2003).

В Австралии посевные площади в последние годы поступательно возрастают и в 2016 г. составили 38 000 га зерновой и 6800 га овощной фасоли. Здесь в 1960-х гг. начата селекция зерновой фасоли. В гибридизации использовали устойчивый к ржавчине мелкосемянный сорт США ‘California Small White’. Скрещивая этот сорт с сортом ‘Sanilac’, получили широко распространенные в Австралии сорта ‘Kerman’, ‘Gallaroy’, ‘Burnia’. При выведении сортов большое внимание уделяется устойчивости к болезням, из которых особенно вредоносными для этой страны являются ржавчина, склеротиния, корневые гнили. В коллекции ВИР 54 образца, поступивших из Австралии.

В странах Африки посевы фасоли занимают значительные площади. Особенно необходимо отметить такие страны, как Кения (1 млн 175 тыс. га), Танзания (1 млн 119 тыс. 433 га) и Ангола (841 тыс. 587 га). При этом часто встречаются сорта, характерные для той страны, которая имела влияние на данную африканскую страну. Так, в Северной Африке (Алжир, Тунис, Ливия, Египет) много сортов из Франции: ‘Monel’, ‘Mangetout Perfection’, ‘La Victoire’ и др. В Восточной Африке имеются сорта из Канады и США: ‘Canadian Wonder’, ‘Red Kidney’. Большой популярностью пользуются сорта с окрашенными семенами и редко встречаются белосемянные. В результате научных экспедиций сотрудников ВИР в страны Африки был получен материал фасоли – 180 образцов (170 обыкновенной, 9 лимской, 1 тепари). В настоящее время коллекция насчитывает 202 образца из стран Африки. 34 образца поступили из Кенийского Генбанка. Образцы из Камеруна (32) на 50% являются местными сортами.

Главные селекционные учреждения по фасоли зарубежных стран. Паспортная БД позволяет выделить основные селекционные учреждения мира, занимающиеся селекцией фасоли. Работа по селекции фасоли проводится главным образом в Нидерландах, США, Франции. Широко известны такие селекционные фирмы, как Royal Sluis, Bruinsma Seeds, Holland–Select B. V. (Нидерланды), Asgrow Vegetable Seeds и Petoseed (США), НМ Clause и Vilmorin (Франция). Кроме того, крупнейшим производителем семян является швейцарская фирма Syngenta.

Заключение. Паспортная БД – основной документ, свидетельствующий о составе коллекции. На примере фасоли показано, что анализ паспортной БД позволяет получить сведения о ее размере и разнообразии. Коллекция фасоли ВИР включает представителей четырех культурных видов (6586 образцов в постоянном каталоге) и содержит образцы разного селекционного статуса из 102 стран мира. Коллекция начала формироваться с 1910–1912 гг. и планомерно пополнялась путем выписки и экспедиций. Географический состав коллекции наглядно отражает популярность культуры и уровень ее селекции в различных странах мира. Большая часть коллекции (61%) представлена образцами европейского происхождения. Образцы

из Северной и Южной Америки (более 600 и 460 обр. соответственно) составляют 17% коллекции, генофонд стран Азии – 16%. Самые большие поступления в коллекцию за многолетнюю ее историю были из СССР (2129 обр.). Паспортная БД позволяет систематизировать имеющееся в коллекции разнообразие по географическому происхождению, статусу образцов, времени поступления в коллекцию, а также отслеживать развитие селекции фасоли в зарубежных странах, бывших союзных республиках и в Российской Федерации. Паспортная БД предоставляет также возможность изучения истории коллекции.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0006 «Создание общероссийского банка данных генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей и информационно-поисковой системы для его управления с целью систематизации генетического разнообразия и эффективного использования в селекции, фундаментальных исследованиях и образовательном процессе», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710372-4.

References/Литература

- Akakiev F. I., Zaitsev G. N. Temporary instruction for preparation to perforating of monitoring data handling of VIR collection. (Vremennaya instrukciya dlya podgotovki k schetno-perforacionnoj obrabotke dannyh nablyudenij po kollekcii) / Leningrad : VIR, 1966, 26 p. [in Russian] (Акакиев Ф. И., Зайцев Г. Н. Временная инструкция для подготовки к счетно-перфорационной обработке данных наблюдений по коллекции. Л. : ВИР. 1966. 26 с.).
- Akakiev F. I., Zaitsev G. N. Guidelines for maintaining punch cards and data preparation for mathematical processing. (Metodicheskie ukazaniya po vedeniyu perfokartoteki podgotovke danny`x k matematicheskoy obrabotke). Leningrad, 1967. 29 p. [in Russian] (Акакиев Ф. И., Зайцев Г. Н. Методические указания по ведению перфокартотек и подготовке данных к математической обработке. Л., 1967. 29 с.).
- Budanov V. I., Lagutina L. V. Ed. Korneychuk V. A. Classifier of the genus *Phaseolus* L. (beans). (Klassifikator roda *Phaseolus* L. (fasol')). Leningrad, 1979. 28 p. [in Russian] (Буданов В. И., Лагутина Л. В. Классификатор рода *Phaseolus* L. (фасоль) / Под ред. В. А. Корнейчук. Л., 1979. 28 с.).
- Budanov V., Lagutina L., Korneychuk V., Pastorec M., Uznic M., Gofirek P., Moravec M., Odegnal V. (Czechoslovakia). Wide unified classifier of the CMEA and the International Classifier of the CMEA of the cultural species of the genus *Phaseolus* L. (Shirokij unificirovanny`j klassifikator SE`V I Mezhdunarodny`j klassifikator SE`V kul`turnyh vidov roda *Phaseolus* L.). Leningrad, 1984. 45 p. [in Russian] (Буданов В., Лагутина Л., Корнейчук В. (СССР), Пасторек М., Ужик М., Гофирек П., Моравец М., Одегнал В. (ЧССР). Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. Л., 1984. 45 с.).
- Budanov V., Lagutina L., Korneychuk V., Pastorec M., Uznic M., Gofirek P., Moravec I. The international comecon list of descriptors for cultivated species of the genus *Phaseolus* L. Leningrad : VIR, 1985. 45 p. [in Russian] (Буданов В., Лагутина Л., Корнейчук В., Пасторек М., Ужик М., Гофирек П., Моравец И. Международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. Л. : ВИР, 1985. 45 с.).
- Buravtseva T. V. Characteristics of varieties of common beans of grain direction from Bulgaria. (Harakteristika sortov fasoli zernovogo napravleniya iz Bolgarii) // Bull. VIR. Grain Legume. Leningrad, 1989? iss. 193, pp. 40–43 [in Russian] (Буравцева Т. В. Характеристика сортов фасоли зернового направления из Болгарии. // Бюлл. ВИР. Зерновые бобовые культуры. Л., 1989. Вып. 193. С. 40–43).
- Buravtseva T. V., Egorova G. P. 100 years of VIR common bean collection // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2012, vol. 169, pp. 112–119 [in Russian] (Буравцева Т. В., Егорова Г. П. 100 лет коллекции фасоли ВИР // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 169. С. 112–119).
- Chekalin N. M. Genetic bases of selection of leguminous cultures for resistance to pathogens. (Geneticheskie osnovy` selekcii zernobobovyh kul`tur na ustojchivost` k patogenam.). Poltava, 2003. 187 p. [in Russian] (Чекалин Н. М. Генетические основы селекции зернобобовых культур на устойчивость к патогенам. Полтава, 2003. 187 с.).

- Express review*. Ready investigations of markets. (E'kspress-obzor. Gotovy'e issledovaniya ry'nkov) – [Electronic resource] 2017. URL: <http://www.e-o.ru/news/238468> (reference date: 27.09.2018) [in Russian] (Экспресс-обзор. Готовые исследования рынков – [Электронный ресурс] URL: <http://www.e-o.ru/news/238468> (дата обращения 27.09.2018)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) – 2016 [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc> (reference date: 27.09.2018).
- Korneychuk V. A., Baresh I., Karabanova G. L., Menshikova L. A. / Ed. V. G. Kukekov. Guidelines for compiling classifiers and primary documents for collecting information on the collection of the world's plant resources VIR. (Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu klassifikatorov i pervichnyh dokumentov sbora informacii po kollekcii mirovyh rastitel'nyh resursov VIR). Leningrad, 1978. 148 p. [in Russian] (Корнейчук В. А., Бареш И., Карабанова Г. Л., Меньшикова Л. А. / Под ред. В. Г. Кукекова. Методические указания по составлению классификаторов и первичных документов сбора информации по коллекции мировых растительных ресурсов ВИР. Л., 1978. 148 с.).
- Miroshnichenko I. I., Demina R. B., Leokene L. V., Makasheva R. H., Adamova O. P., Stepanova S. I., Pavlova A. M., Korsakov N. I., Sokolova V. N., Budanova V. I., Luzina Z. A. / Ed. N. R. Ivanov. Method of studying the collection of leguminous crops. (Metodika izucheniya kollektsii zernobobovykh kul'tur). Leningrad, 1968. 173 p. [in Russian] (Мирошниченко И. И., Демина Р. Б., Леокене Л. В., Макашева Р. Х., Адамова О. П., Степанова С. И., Павлова А. М., Корсаков Н. И., Соколова В. Н., Буданова В. И., Лузина З. А. / Под ред. Н. Р. Иванова. Методика изучения коллекции зернобобовых культур. Л., 1968. 173 с.).
- Navabi A., Balasubramanian P., Pauls K. P., Bett K., Hou A. Genetic diversity of Canadian dry bean varieties released since 1930: a pedigree analysis. *Crop Science*. May-June 2014, vol. 54, pp. 993–1003.
- Ranalli P. Phenotypic recurrent selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on performance of S2 progenies // *Euphytica*. 1996. vol. 87. pp. 127–132.
- Ranalli P. Processing, new food application and development of improved bean cultivars // *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement/Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 1999, vol. 3 (4), pp. 230–232.
- State Register of Breeding Achievements. (Gosudarstvennyiye reestr selektsionnykh dostizheniy) – 2018 [Electronic resource]. URL: reestr.gossort.com/reestr/culture/20 (reference date: 23.09.2018) [in Russian] (Госреестр селекционных достижений. (reestr.gossort.com/reestr/culture/20, (дата обращения 23.09.2018).
- Vishnyakova M. A., Buravtseva T. V., Bulyntsev S. V., Burlyaeva M. O., Semenova E. V., Seferova I. V., Aleksandrova T. G., Yan'kov I. I., Egorova G. P., Gerasimova T. V., Drugova E. V. Collection of world genetic resources of grain legumes VIR: replenishment, preservation and study. Methodical guidelines (Kollektsiya mirovyh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh kul'tur VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie. Metodicheskie ukazaniya). St. Petersburg : VIR, 2010, 141 p. [in Russian] (Вишнякова М. А., Буравцева Т. В., Булынтцев С. В., Бурляева М. О., Семенова Е. В., Сеферова И. В., Александрова Т. Г., Яньков И. И., Егорова Г. П., Герасимова Т. В., Другова Е. В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. СПб. : ВИР, 2010. 141 с.).
- Zeven A. C. The introduction of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) into Western Europe and the phenotypic variation of dry beans collected in the Netherlands in 1946 // *Euphytica*. 1997, vol. 94, pp. 319–328.

УДК 633.1

С. Б. Лепехов

Федеральный Алтайский научный центр
агробиотехнологий, 656910, Россия,
Барнаул-51, Научный городок, 35,
e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Ключевые слова:

косвенный отбор, раннее
тестирование урожайности,
гибридная популяция,
селекционный критерий, масса
1000 зерен, коэффициент
хозяйственного использования
фотосинтеза, взаимодействие
генотип-среда, наследуемость,
изменчивость, конкуренция
растений, корреляция

Поступление:

19.06.2018

Принято:

10.12.2018

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБОРА В РАННИХ
ПОКОЛЕНИЯХ ГИБРИДОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО
УРОЖАЙНОСТИ И ПРИЗНАКАМ ПРОДУКТИВНОСТИ
(обзор)**

Несмотря на успехи молекулярной генетики, подавляющее большинство российских селекционеров продолжает вести отбор растений по фенотипу. Самый распространенный способ выявления признаков для отбора заключается в расчете коэффициентов корреляции их с урожайностью. Однако мировая наука накопила обширный опыт по прямому отбору в ранних поколениях гибридных популяций по различным признакам с целью повышения урожайности. В связи с этим, цель работы заключалась в информировании российского научного сообщества о результатах таких экспериментов и их анализе для выявления наиболее эффективных селекционных критериев. Анализу подверглись 67 научных работ по отбору в ранних поколениях. В 33 работах сообщается о положительных результатах. Наибольшее соотношение положительных результатов исследований к отрицательным относится к массе 1000 зерен и биомассе, наименьшее – к $K_{хоз}$ и урожайности (продуктивности). Учитывая высокую наследуемость и простоту измерения массы 1000 зерен, этот признак может быть рекомендован к использованию в практической селекции. Данный результат вступает в противоречие с некоторыми сообщениями об эволюции признаков продуктивности в практической селекции. Выделено 5 причин, снижающих эффективность отбора в ранних поколениях: взаимодействие генотип-среда, гетерозиготность, низкая наследуемость количественных признаков, межгенотипическая конкуренция, полигенная природа признаков продуктивности. Главный вывод исследования состоит в том, что перспективные растения часто возникают в ходе селекционного процесса, но из-за несовершенства методов отбора многие из них не могут быть идентифицированы. Нерешенной фундаментальной проблемой остается прогноз гибридной популяции, отбор в которой по конкретному селекционному критерию приведет к появлению перспективной линии.

S. B. Lepekhov

Federal Altai Scientific Center of
Agrobiotechnologies, 35, Nauchny
Gorodok, Barnaul-51, 656910, Russia;
e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Key words:

indirect selection, early yield testing,
hybrid population, selection criterion,
1000 kernel weight, harvest index,
genotype-environment interaction,
heritability, variability, plant
competition, correlation

Received:

19.06.2018

Accepted:

10.12.2018

**EFFICIENCY OF SELECTION IN EARLY GENERATIONS
OF CROP HYBRIDS FOR HIGH YIELD AND YIELD
COMPONENTS (a review)**

Despite the success of molecular genetics, overwhelming majority of Russian breeders still rely on selection based on plant phenotype. The most common way of identifying traits for such selection is calculation of their correlation with yield. However, the world science has accumulated extensive experience in direct selection among early generations of hybrid populations for different traits with the purpose to increase yield. The aim of this study was to inform Russian scientific community about the results of such experiments and analyze them in order to find the most efficient selection criteria. Sixty-seven scientific papers on direct or indirect selection in early generations have been analyzed. Thirty-three papers have reported positive results. The highest ratio of positive research results to negative ones refers to 1000 kernel weight and biological yield (aboveground biomass), and the lowest ratio of positive research results to negative ones is found in harvest index and yield. Taking into account high heritability of 1000 kernel weight and simplicity of measuring, this trait is recommended for use in breeding practice. This result contradicts some reports on the evolution of productivity traits in plant breeding. Five efficiency-reducing factors have been identified for early generation selection: genotype-environment interaction, heterozygosity, low heritability of quantitative traits, intergenotype competition, and polygenic nature of productivity traits. The main conclusion of the study is that promising plants often emerge in the process of breeding, but many of them cannot be identified due to imperfect selection techniques. A still unresolved fundamental problem is making prognoses for hybrid populations where selection according to a definite selection criterion may lead to the appearance of a promising line.

Специалисты по селекции растений находятся в постоянном поиске новых способов идентификации перспективных линий в ранних поколениях гибридных популяций. Первичная оценка отдельных растений может быть дана уже в F₂. Критериями, используемыми для этой цели, являются признаки или комплекс признаков. Они также применяются в тех случаях, когда по ряду причин не может быть учтена урожайность. Начиная с F₃, в распоряжении селекционера появляется достаточное количество семян для первого тестирования урожайности.

Среди всего разнообразия методов поиска селекционных критериев можно выделить 3 главные направления.

1) прослеживание эволюции признаков растений путем сравнения сортов разных лет районирования. Хорошо известно, что увеличение урожайности было в большой степени связано с увеличением $K_{хоз}$ (Slafer, Andrade, 1993), в то время как увеличение биомассы было несущественным (Royo et al., 2007). Austin et al. (1980) полагают, что потенциально $K_{хоз}$ может быть увеличен до 60%, поэтому важно определить признаки растений, которые будут способствовать такому росту. Отмечается превосходство новых сортов над старыми по количеству зерен на единице площади посева (Feil, 1992).

Обнаружение признаков, связанных с урожайностью, при сравнении старых и новых сортов затруднено, поскольку селекция на устойчивость к болезням, полеганию, засухе, качеству зерна, зимостойкости также оказывает влияние на характеристики продуктивности сортов. Чтобы прояснить физиологическую основу прогресса урожайности, эти изменения необходимо тщательно отделить от улучшений, которые фактически отвечают за увеличение урожайности зерна (Feil, 1992).

Как отмечает Rasmusson (1987), идентификация отдельных признаков, которые универсально увеличивали урожайность хотя бы в ограниченном наборе сред, – трудная задача. Это хорошо проиллюстрировал Marshall (1991) при рассмотрении остистости у пшеницы и ячменя. Несмотря на многочисленные исследования, показывающие, что ости увеличивают урожайность, большинство современных европейских сортов – безостые. Вторая проблема связана с существенным возрастанием количества признаков, с которыми должен работать селекционер. Каждое увеличение количества рассматриваемых признаков, если они контролируются одним геном, при условии поддержания прогресса по остальным признакам, должно сопровождаться удвоением размера популяции. Если признак контролируется 2 генами, то гибридная популяция должна быть увеличена в 4 раза и т. д.

2) корреляционный анализ селекционных критериев с урожайностью. В ряде исследований установлена существенная взаимосвязь урожайности с биомассой и/или $K_{хоз}$ (Fischer, Kertesz, 1976; Sharma et al., 1991), с количеством колосьев на 1 м² (Okuyama et al., 2004), с озерненностью колоса и/или массой 1000 зерен (Sinha, Sharma, 1979; Gebeyehou et al., 1982). Quail et al. (1989) заключили, что имеется хорошее соответствие между размером коэффициента корреляции исследуемого признака с урожайностью и селекционным прогрессом. Селекционный критерий с коэффициентом корреляции от 0 до 0,3–0,4 целесообразен, если размер гибридной популяции не будет сокращаться более чем на 50%.

В качестве физиологических критериев отбора, положительно коррелирующих с урожайностью, предложена степень снижения температуры растительного покрова (Reynolds, 1998), степень снижения массы 1000 зерен при терминальной засухе или развитии листовых болезней по сравнению с благоприятными условиями (Sharma et al., 2008), соотношение озерненности колоса и длины соломины (Pedró et al., 2012). Физиологические критерии отбора не всегда используются на практике из-за больших затрат труда, времени, однако они могут быть полезны при изучении исходного материала.

3) эксперименты с прямым или косвенным отбором по урожайности в ранних поколениях гибридных популяций F₂ и F₃. Два вышеописанных направления поиска критериев отбора, как правило, основываются на изучении сортов и чистотинейного материала в больших выборках, делянках достаточной площади с количеством повторностей, позволяющих прийти к надежным выводам. Однако отбор в ранних поколениях имеет ряд особенностей: он осложнен влиянием сверхдоминирования, малого размера делянки, нетипичной плотности посева.

Из-за низкой наследуемости урожайности предполагается, что косвенный отбор, основанный на одном или нескольких высоконаследуемых признаках, коррелирующих с урожайностью, может быть более эффективен, чем прямой отбор по урожайности (Falconer, 1960). Помимо высокой наследуемости и корреляции с урожайностью, такие вторичные признаки должны быть подвержены быстрому и простому измерению, стабильному проявлению в разнообразных условиях (Lonbani, Arzani, 2011).

Было показано, что компоненты урожайности обладают большей наследуемостью, чем урожайность (Sidwell et al., 1976), а генетические эффекты, определяющие фенотипическую выраженность различных признаков, особенно высоты растения, массы 1000 зерен и массы зерна с растения, имеют аддитивный тип наследования (Ahmed et al., 2007). Следовательно, положительный результат отбора по данным признакам может быть достигнут уже через несколько циклов.

Цель исследования заключалась в анализе публикаций об эффективности тестирования ранних поколений сельскохозяйственных растений по селекционным критериям.

Было проанализировано 67 статей об экспериментах по оценке и отбору растений в F₂ и/или F₃. Результаты разделены на 3 группы: положительные, отрицательные и неоднозначные. Оценка результативности приводимых ниже экспериментов не основана на единых критериях, поскольку состоит из работ, выполненных по различным методикам.

Результаты исследования

Итоги исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Главные выводы работ по прямому или косвенному отбору на урожайность в ранних поколениях
Table 1. Main results of direct or indirect yield-oriented selection in early generations

Результат (вывод) исследования	Источник
Положительные результаты отбора в ранних поколениях	
В результате 5 циклов массового отбора по ширине зерновки, популяция F ₇ характеризовалась более тяжеловесным зерном и прибавкой урожайности 9%.	(Frey, 1967)
Массовый механический отбор по размеру зерна у трех популяций пшеницы привел к увеличению урожайности в среднем на 33% за цикл отбора.	(Derera, Bhatt, 1972)
Отбор растений F ₂ по зерновой продуктивности имел небольшой, но статистически значимый эффект по урожайности в потомствах F ₃ .	(Knott, 1972)
Обнаружена низкий, но значимый коэффициент корреляции ($r=0,21$) между продуктивностью колоса в F ₂ и урожайностью зерна в F ₄ .	(Alessandrini, Scalfati, 1973)
Низкорослые растения ячменя F ₃ с короткими листьями в разреженном посеве характеризовались высокой урожайностью в F ₅ .	(Hamblin, Donald, 1974)
Косвенный отбор по урожайности на основе массы 1000 зерен более эффективен, чем прямой отбор по урожайности.	(Sidwell, 1975)
Косвенный отбор по урожайности зерна на основе K _{хоз} был на 43% эффективнее прямого отбора.	(Rosielle, Frey, 1975)
Отбор растений в ранних поколениях по массе 1000 зерен – наиболее важный фактор в селекции по увеличению урожайности.	(Sidwell et al., 1976)

Косвенный отбор урожайности на основе $K_{хоз}$ более эффективен, чем прямой отбор по урожайности.	(Bhatt, 1977)
Отбор по массе 1000 зерен и по озернености колоса привёл к росту урожайности в сравнении со среднеродительской на 11 и 16% соответственно.	(McNeal et al., 1978)
Тестирование урожайности нута в ранних поколениях эффективнее, чем визуальный отбор.	(Dahiya et al., 1984)
Обнаружена существенная корреляция между визуальным отбором в F_3 и урожайностью в F_6 . Различия по урожайности между линиями F_3 сохраняются и в более поздних поколениях ($r = 0,51 - 0,85$).	(Ntare et al., 1984)
Косвенный отбор по урожайности на основе биомассы в совокупности с $K_{хоз}$ был более эффективен в увеличении урожайности овса, чем прямой отбор по урожайности.	(Helsel, 1985)
Наибольшее количество самых урожайных линий F_4 было получено в варианте визуального отбора и в варианте отбора по массе 1000 зёрен в сравнении со случайным отбором.	(Nass, 1987)
Отбор растений по индексу Smith- Hazel, основанном на семи морфобиологических признаках был эффективен для повышения урожайности.	(Mahdy, 1988)
Отбор отдельных растений по надземной биомассе в F_2 выделил больше высокоурожайных потомств F_3 и F_4 , чем отбор по продуктивности растений (10 и 8 штук против 5 и 6 соответственно).	(Ndondi, 1988)
После двух циклов рекуррентного отбора по массе зерна колоса в двух популяциях F_2 и F_3 , урожайность увеличилась на 16,5% в одной популяции и на 27% во второй.	(Parlevliet, Van Ommeren, 1988)
Наивысшая корреляция признаков растений F_3 с урожайностью их потомств F_7 и F_8 была получена для высоты растений, массы 1000 зерен, $K_{хоз}$, угла наклона листа и количества колосьев. Примерно половина критериев отбора (из 50) в F_3 позволяет получить повышенную частоту урожайных линий в сравнении со случайным отбором.	(Quail et al., 1989)
Средняя урожайность семян популяций F_4 , полученная после отбора по ветвистости, количеству бобов с растения и сухой биомассе в F_2 , была существенно выше, чем от популяций, полученных в результате случайного отбора.	(Thurling, Ratinam, 1989)
Обнаружена сильная корреляция между массой 1000 зёрен отдельных растений в F_2 , F_3 и урожайностью в F_4 при сотовом способе посева.	(Lungu et al., 1990)
Популяции, имеющие самую низкую продуктивность колоса, массу 1000 зерен за 3-летний период репродуцирования и получившие наименьшую оценку в питомнике отбора, могут быть забракованы без риска потери ценных генотипов.	(Коновалов и др., 1991)
Косвенный отбор по урожайности на основе количества бобов и массы 1000 семян более эффективен, чем прямой отбор по урожайности.	(Kumar, Bahl, 1992)
Корреляция между продуктивностью растений F_2 и урожайностью их потомств F_3 составила 0,466–0,688.	(Matuz et al., 1992)
Прибавка урожайности в результате отбора растений F_2 по массе 1000 зёрен была больше, чем от прямого отбора по урожайности линий F_3 .	(Saadalla, 1994)
Во всех вариантах опыта установлено, что количество семян с растения было наилучшим косвенным селекционным критерием урожайности.	(Board et al., 1997)
Косвенный отбор по массе 1000 зерен оказался так же эффективен, как и прямой отбор по урожайности.	(Haryanto et al., 1998)
Отбор отдельных растений в F_2 на основе надземной биомассы оказался наиболее эффективен. Тестирование урожайности в F_3 было умеренно эффективно для идентификации высокоурожайных потомств в F_4 .	(Singh, Balyan, 2003)
В ходе 4 циклов рекуррентного отбора у бобов по урожайности получена средняя ежегодная прибавка 5,7%.	(Ramalho et al., 2005)
Косвенный отбор в ранних поколениях у риса по массе 1000 зерен был также эффективен, как и прямой отбор по урожайности.	(Sürek, Beşer, 2005)
Подход, основанный на одновременном учете нескольких признаков (масса зерна колоса, количество колосьев на растении, масса зерна растения и $K_{хоз}$) и селекционных индексах, был эффективен для увеличения урожайности.	(Lalić et al., 2010)
40% самых продуктивных потомств F_3 были получены от растений F_2 , отобранных по высокому количеству бобов с растения.	(Talapada, Monpara, 2014)
Отбор растений из группы с высокой первоначальной скоростью роста привёл к повышению урожайности на 18%.	(Rebetzke et al., 2017)

Отбор в ранних поколениях у чечевицы по количеству бобов с растения с учётом ветвления эффективен для увеличения продуктивности.	(Reddy, 2017)
Отрицательные результаты отбора в ранних поколениях	
Средняя урожайность линий F ₃ существенно не превышала среднюю урожайность исходной популяции. Следовательно, критерии, используемые при выделении лучших растений в F ₂ , были неэффективны.	(DePauw, Shebeski, 1973)
Корреляция между продуктивностью отдельных растений и урожайностью поздних поколения низка.	(Utz et al., 1973)
Селекционные критерии (количество бобов, количество семян в бобе, масса 100 семян и урожайность) у гибридных популяций фасоли, сои и гороха противоречивы и малоэффективны в обнаружении потенциально урожайных генотипов.	(Rubaihayo, 1976)
Обнаружена несущественная взаимосвязь между K _{х03} отобранных растений F ₂ и урожайностью F ₃ и F ₄ .	(Okolo, 1977)
Отбор по урожайности на делянках малой площади в F ₃ оказался неэффективен.	(Seitzer, Evans, 1978)
Косвенный отбор по урожайности на основе K _{х03} не более эффективен, чем прямой отбор по урожайности.	(Whan et al., 1981)
В ходе 4 циклов рекуррентного отбора по массе 1000 зерен не произошло увеличение урожайности.	(Busch, Kofoed, 1982)
Отбор по K _{х03} в ранних поколениях для увеличения урожайности был неэффективен.	(Whan et al., 1982)
Линии, полученные в результате отбора по количеству побегов с растения, либо не превосходили стандарт по урожайности, либо различия были незначимыми.	(Benbelkacem et al., 1984)
Интенсивный отбор по K _{х03} привёл к росту K _{х03} , но не к увеличению урожайности.	(Takeda, Frey, 1985)
Корреляция между продуктивностью отдельных растений и урожайностью их потомств (F ₂ -F ₃ , F ₂ -F ₄ и F ₃ -F ₄) у 6 комбинаций нута была несущественной, поэтому отбор по данному признаку в ранних поколениях будет неэффективен.	(Rahman, Bahl, 1986)
K _{х03} в F ₃ хороший показатель для прогноза K _{х03} в F ₄ , но плохой – для прогноза урожайности в F ₄ .	(Sharma, Smith, 1986)
Влияние отбора на раннеспелость и количество колосьев на м ² в F ₅ на урожайность ячменя было несущественным.	(Balkema-Boomstra, 1988)
Отбор по урожайности в ранних поколениях F ₂ и F ₃ оказался неэффективен. Эффективность отбора не возросла, когда для косвенной оценки использовались признаки и селекционные индексы.	(Stelling, Ebmeyer, 1990)
Все коэффициенты корреляции отдельных признаков у растений овса F ₂ с урожайностью их потомств F ₃ были низки.	(Hill et al., 1991)
Отбор как по весу зерна с метелки и по количеству метелок отдельно, так и по обоим признакам вместе был неэффективен в увеличении урожайности риса.	(Gravois, McNew, 1993)
K _{х03} в ранних поколениях представляет ограниченную ценность как индикатор урожайности в последующих поколениях.	(Borghi et al., 1998)
После двух циклов отбора по размеру зерновки у проса произошло увеличение данного признака на 18% без изменения урожайности.	(Bidingier, Raju, 2000)
В ходе 8 циклов рекуррентного отбора по массе 1000 зерен происходило увеличение этого признака на 4,5% за цикл, но урожайность не увеличилась.	(Wiersma et al., 2001)
Косвенный отбор, основанный на массе 1000 зерен, был эффективен для улучшения самого признака, но не для выявления потенциально высокоурожайных генотипов.	(Benin et al., 2005)
Косвенная оценка урожайности на основе надземной биомассы и K _{х03} в F ₂ и F ₃ была не более эффективна и не более постоянна, чем прямая оценка по урожайности.	(Benmahammed et al., 2008)
Линии, отобранные на основе значения признаков, близкого к идеотипу, не обладали большей урожайностью, чем линии, отобранные по урожайности в оптимальных условиях.	(Yuan et al., 2011)
Использование признаков отдельных растений F ₂ и F ₃ в селекции на урожайность неэффективно.	(Singh, 2015)
Неоднозначные результаты	
Косвенный отбор по урожайности на основе его компонентов в некоторых случаях очень эффективен, но не может быть рекомендован в качестве рутинного способа работы.	(Rasmusson, Cannell, 1970)

Положительная корреляция между урожайностью делянок F ₃ и F ₅ отмечена только в один год из трёх.	(Briggs, Shebeski, 1971)
Отбор по урожайности оказался эффективен только в популяциях с широким диапазоном изменчивости в F ₃ .	(O'Brien et al., 1978)
При отборе растений в F ₂ на основе морфологических признаков, в группу высокоурожайных потомство попало только 17 из 53 потомств. Множественный регрессионный анализ оказался немного более эффективным (24 потомства из 53).	(McVetty, Evans, 1980)
Хотя отбор растений, основанный на высоком значении K _{хоз} в F ₂ при низкой плотности посева, может быть использован для поиска высокоурожайных растений, он не был столь же эффективен при производственной плотности посева.	(Nass, 1980)
Отбор по массе зерна колоса и K _{хоз} не имел никаких преимуществ перед отбором на основе визуальной оценки в первой комбинации скрещивания. Во второй комбинации визуальный отбор имел наибольшую эффективность, выделяя высокоурожайные линии F ₄ .	(Nass, 1983)
Отбор по массе 1000 зёрен способствовал увеличению урожайности, однако прямой отбор по урожайности был столь же эффективен. Некоторые лучшие линии не были идентифицированы на основе каких-либо признаков в F ₂ и F ₃ .	(Alexander et al., 1984)
Средняя урожайность линий F ₄ была всегда выше в группе отбора растений F ₃ с высокой биомассой. Однако отдельные линии из группы с высокой биомассой имели урожайность ниже, чем линии из группы с низкой биомассой, так как имели меньший K _{хоз} .	(Sharma, 1993)
Из отобранных 10 высоко-, средне- и низкопродуктивных линий F ₃ было идентифицировано примерно по 5 высоко- и 5 низкопродуктивных линий сои поздних поколений.	(Hegstad et al., 1999)
Отбор в ранних поколениях F ₂ фасоли по продуктивности растений был эффективен, главным образом, для устранения худших семей, что сокращало, таким образом, работу селекционера в поздних поколениях.	(Rosal et al., 2000)
Эффективность отбора по урожайности в стрессовых и благоприятных условиях варьирует от популяции к популяции.	(Bayoumi, 2006)

Таким образом, из 67 рассмотренных исследований 33 имеют положительный результат, 23 – отрицательный и 11 – неоднозначный. Наибольшее соотношение положительных результатов исследований к отрицательным относится к массе 1000 зерен и биомассе, наименьшее – к K_{хоз} и урожайности (продуктивности) (табл. 2).

Таблица 2. Распределение результатов отбора по селекционным критериям
Table 2. Distribution of selection results according to selection criteria

Критерий отбора	Результат отбора (количество случаев)		
	положительный	отрицательный	неоднозначный
урожайность (продуктивность)	6	6	6
биомасса	3	1	1
K _{хоз}	4	7	2
коэффициент кустистости / ветвистости	5	3	0
масса 1000 семян	13	5	1
озернёность колоса	2	1	0
прочие критерии	8	6	2

В 7 исследованиях из 12, сравнивающих косвенный отбор по урожайности с прямым, установлено преимущество первого.

Обсуждение

Отбор в ранних поколениях не всегда эффективен из-за ряда факторов. Среди причин неудачных результатов большинство исследователей перечисляет следующие.

1. Взаимодействие генотип-среда. Исследования с использованием моделей показали, что решающее влияние на отбор в ранних поколениях оказывает негенетическая изменчивость, состоящая, в основном, из взаимодействия генотипа со средой (Weber, 1984). Условия разреженного посева, в котором оцениваются растения

ранних поколений, отличаются от производственных условий возделывания сорта (Fasoulas, 1973; Islam et al., 1985), что ведет к ошибочным прогнозам перспективности комбинации скрещивания (Van Oeveren, 1991). По оценкам Barić и Šarčević (1998) наследуемость озерненности колоса и биомассы растения при плотности посева 100 и 400 растений на м кв. различалась на 0,311 и 0,252 соответственно. В исследовании Ю. Б. Коновалова и В. А. Климачевой (Kononov, Klimacheva, 1975) не удалось обнаружить одни и те же признаки у растений с делянок малой площади, которые существенно и постоянно были бы связаны с урожайностью тех же генотипов на делянках большой площади. Неустранимой сложностью является влияние погодных условий различных лет при испытании генотипов последующих поколений.

2. Гетерозиготность и изменчивость внутри линий. Сверхдоминирование затрудняет точную идентификацию аддитивных эффектов генов, роль которых преобладает у растений поздних поколений (Wricke, Weber, 1986; Ndondi, 1988).

3. Низкая наследуемость многих количественных признаков и, в частности, урожайности вызвана почвенной неоднородностью, характерной для мелкоделяночных бесповторных опытов (Fasoulas, 1973). Эффективность отбора не в последнюю очередь ограничена высокой экспериментальной ошибкой измерения у отдельных растений и микроделянок по сравнению с делянками нормальных размеров (Stelling et al., 1990b). Yonezawa (1983) считает, что большая точность измерения не всегда оправдана и использование сравнительно простого селекционного критерия среди большого количества генотипов предпочтительнее использования трудозатратного и дорогостоящего критерия среди меньшего количества генотипов.

4. Межгенотипическая конкуренция. В данном случае речь идет об аллоконкуренции, то есть, конкуренции растений, различающихся по генотипу. Предполагается, что перспективные индивидуумы могут быть забракованы селекционером из-за негативного влияния на их фенотип соседних растений (Singh, 2015). Van Ooijen (1989) на основе исследований смесей сортов мягкой пшеницы заключил, что оценка генетических параметров по урожайности сильно смещена из-за межгенотипической конкуренции и ведет к ненадежным прогнозам.

5. Полигенная природа признаков продуктивности. Наличие компенсации признаков создаёт проблемы в селекции по компонентам урожайности. Это связано с тем, что элементы урожайности последовательно детерминируются на определенных стадиях вегетационного периода. Следовательно, фенотипическая выраженность каждого компонента – это функция соответствующих условий, фенотипически зафиксированная в предыдущих стадиях структуры урожая и эффекта взаимной компенсации (Stelling, Ebmeyer, 1990a). Улучшение по одному признаку может иметь мало смысла, если одновременно не будут улучшены другие признаки (Yonezawa, 1983). В эксперименте Alexander et al. (1984) самая урожайная линия была получена от растения из группы с наименьшим коэффициентом кустистости в F_2 и F_3 , не принадлежащего ни к какой крайней группе по выраженности других признаков (озерненность колоса, масса 1000 зерен и урожайность). Таким образом, высокая урожайность может быть достигнута при оптимальном сочетании признаков продуктивности без яркой выраженности одного из них.

В какой мере каждый из вышеперечисленных факторов влияет на результат отбора в ранних поколениях, не может быть установлено, поскольку их эффекты смешаны (Kramer et al., 1982). Эффективность отбора в ранних поколениях, следовательно, зависит от наличия действительно генетических различий между растениями (линиями), их постоянства в различных условиях (Islam, 1985). Bayoumi (2006) отмечает, что первостепенной важностью является уменьшение средовой вариации и, таким образом, увеличение наследуемости и стабильности проявления признаков продуктивности.

С целью снижения влияния вышеперечисленных факторов исследователи использовали различные подходы. Для того, чтобы раннее тестирование урожайности было более эффективным, оно должно быть проведено на делянках в F_3 , а не на отдельных растениях в F_2 (Ortiz et al., 2007). Knott (1972) предложил в бесповторном опыте выражать урожайность линий F_3 в процентах к ближайшему контролю, посеянному в каждом пятом рядке, или в процентах к скользящей средней, для снижения средовой вариации. DePauw и Shebeski (1973) продемонстрировали преимущество первого метода перед традиционным измерением урожайности в граммах. В случае, когда семян в F_3 достаточно для посева трёхрядковой делянки, Sneer (1977) предложил снизить влияние соседних делянок друг на друга путем сравнения урожайности среднего рядка делянки с ближайшими стандартами. Однако Kramer et al. (1982) выяснили, что удаление крайних рядков ради устранения влияния соседних делянок и краевых эффектов у трёхрядковой делянки нежелательно, поскольку в таком случае точность оценки урожайности снижается ещё сильнее. Альтернативное решение заключается в увеличении расстояния между делянками. Корреляция между урожайностью линий разных поколений возрастает по мере продвижения к более поздним поколениям, поэтому желательно тестирование урожайности проводить в F_3 или F_4 (Whan et al., 1981) либо на протяжении двух лет или в различных условиях (Rosal, 2000).

При тестировании урожайности линий в F_3 или F_4 у селекционера появляется информация о размахе изменчивости и среднем значении урожайности в популяциях. Возникает вопрос о том, можно ли определить перспективность гибридных популяций на основе этих данных. Имеются противоречивые сведения о возможности использования изменчивости и среднепопуляционной урожайности в селекционном процессе.

Johnson (1963) классифицировал гибридные комбинации следующим образом: 1) высокая средняя урожайность и высокая изменчивость, 2) высокая средняя урожайность и низкая изменчивость, 3) низкая средняя урожайность и высокая изменчивость, 4) низкая средняя урожайность и низкая изменчивость. Гибриды из первой категории наиболее желательны, из четвёртой – наименее желательны. Если нужно будет сделать выбор между второй и третьей категорией, то третья предпочтительна.

Singh et al. (1997) выяснили, что распределение наиболее урожайных линий пшеницы при использовании различных схем отбора было независимо от популяционной средней. В исследованиях O'Brien et al. (1978) и Lalić et al. (2003) отмечается, что хотя реакция на отбор может быть больше в популяциях с высокой генетической изменчивостью, но самые урожайные линии возникают в популяциях с меньшей генетической изменчивостью, но изначально более высокой среднепопуляционной урожайностью. Lupton (1961) и Bhatt (1973) показали, что некоторые комбинации с высоким стандартным отклонением и низкой средней урожайностью были более перспективны, чем высокоурожайные, но обладающие низкой изменчивостью. Таким образом, даже знание среднего значения урожайности в популяции и ее изменчивости не может однозначно характеризовать перспективность комбинации скрещивания. Вероятно, решению проблемы мог бы способствовать анализ распределения прямого или косвенного признака, так как важно не среднепопуляционное значение и не изменчивость сами по себе, а доля растений или линий из правой части распределения, выходящей за пределы варьирования стандартного сорта.

Факторы, снижающие точность тестирования урожайности в ранних поколениях, ведут к ограничениям применимости самого метода. Если критерии отбора имеют низкую наследуемость, то возможны большие потери позитивных генетических эффектов по урожайности (Lalić et al., 2003). Косвенный отбор может быть успешен только в том случае, когда наследуемость первичного признака (урожайность) очень

низка, а интенсивность отбора по вторичному признаку очень высока (Thurling, Ratnam, 1989). Однако Stelling и Ebmeyer (1990a) показали, что хотя наследуемость некоторых признаков, по которым велся отбор, была высока, но их генетическая корреляция с урожайностью была недостаточна для улучшения урожайности. При интерпретации коэффициентов корреляции необходимо соблюдать осторожность. Matuz et al. (1992) продемонстрировали, что корреляция между F_2 и F_3 зависела от того, были ли все растения из + и – группы отбора включены в анализ или она была посчитана только внутри групп отбора (во втором случае корреляция была несущественной). Таким образом, в гибридных популяциях может не быть существенных различий между растениями или линиями. Поэтому иногда не удаётся обнаружить существенной корреляции между растениями/линиями и их потомками.

Результат исследования (33 удачных работы из 67) мы склонны оценивать как недостаточно сильный довод за прямое или косвенное тестирования ранних поколений по урожайности. По крайней мере, выбор селекционного критерия и гибридной популяции имеет существенное значение. Складывается противоречивая ситуация: хотя имеется множество свидетельств о превосходстве новых сортов над старыми по урожайности и $K_{хоз}$, в то же время прямой отбор по данным признакам в ранних поколениях оказывается наименее успешен для увеличения урожайности по сравнению с прочими критериями. Самая эффективная косвенная оценка урожайности ранних поколений – оценка по массе 1000 зерен. Учитывая высокую наследуемость и простоту измерения данного признака, формально он может быть рекомендован к использованию в практической селекции. Еще одно противоречие заключается между количеством положительных результатов отбора (33 из 67) и масштабами практической селекции, где ежегодно ведется отбор в сотнях гибридных популяций, а создание сорта – редкое событие. Одно из объяснений может состоять в том, что большая часть перспективного селекционного материала бракуется по признакам, не связанным с урожайностью, например, качество зерна, технологичность, восприимчивость к болезням.

Ключевым моментом при тестировании растений в ранних поколениях является наличие достоверных различий по рассматриваемым признакам. Абсолютно во всех рассмотренных статьях сообщается о таких различиях. Тем не менее, зачастую успех отбора варьирует от популяции к популяции из-за причин, перечисленных выше. Если в исследованиях обнаруживалась прибавка урожайности, то она неизбежно возникала вследствие изменения тех или иных признаков продуктивности. Поэтому данный анализ литературы свидетельствует о том, что перспективные растения, несмотря на тривиальность вывода, довольно часто возникают в ходе селекции. Данные 43 работ (33 успешных и 10 неоднозначных) из 67 свидетельствуют об этом. Simmonds (1989) пришел к выводу, что частота появления перспективных генотипов при селекции растений выше, чем обычно принято считать, но основной причиной невысоких показателей успеха является неэффективный отбор. К этому следует добавить, что появление трансгрессии имеет вероятностную природу и удачная рекомбинация может просто не возникнуть в искомой популяции по случайным причинам.

Заключение

Косвенный или прямой отбор в ранних поколениях на урожайность имеет неоднозначные результаты. По-видимому, не существует универсального селекционного критерия, пригодного для использования в различных средах, однако в пределах конкретных почвенно-климатических зон такие признаки существуют и они хорошо известны селекционерам. Прирост урожайности может произойти как за счёт этих признаков, так и за счет других, которые, возможно, пока не установлены.

References/Литература

- Kononov Yu. B., Klimacheva V. A. The estimation of different characteristics of spring wheat in the breeding nursery // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1975, no. 6, pp. 47–57 [in Russian] (Коновалов Ю. Б., Климачева В. А. Оценка различных признаков яровой пшеницы в селекционном питомнике // *Известия ТСХА*. 1975. Вып. 6. С. 47–57).
- Kononov YU. B., Mihkel'man V. A., Al'-Sobahi S. S., Kadikov R. K., Apennikov S. A. Forecasting breeding value of spring barley hybrid populations with modified method of reseedling // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1991, no. 3, pp. 44–52 [in Russian] (Коновалов Ю. Б., Михельман В. А., Аль-Собахи С. С., Кадииков Р. К., Апенников С. А. Прогнозирование селекционной ценности гибридных популяций ярового ячменя при модифицированном методе посева // *Известия ТСХА*, 1991. Вып. 3. С. 44–52).
- Ahmed N., Chowdhry M. A., Khaliq I., Maekawa M. The inheritance of yield and yield components of five wheat hybrid populations under drought conditions // *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 2007, vol. 8, no. 2, pp. 53–59.
- Alessandroni A., Scalfati M. C. Early-generation selection for grain yield of dwarf and semidwarf progenies of durum wheat crosses / *Proc. 4th Intern. Wheat Genetics Symp.* 1973. Columbia, Miss., pp. 475–482.
- Alexander W. L., Smith E. L., Dhanasobhan C. A. Comparison of yield and yield component selection in winter wheat // *Euphytica*. 1984, vol. 33, iss. 3, pp. 953–961.
- Austin R. B., Bingham J., Blackwell R. D., Evans L. T., Ford M., Morgan C. L., Taylor M. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes // *The journal of agric. science*. 1980, vol. 94, iss. 3, pp. 675–689. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600028665>.
- Balkema-Boomstra A. G. The effects of selection for earliness and ear density on grain yield improvement in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) // *Euphytica*. 1988, vol 39, suppl. 3, pp. 125–129. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00043375>.
- Barić M., Šarčević H. The influence of seeding rate on heritability estimates for some quantitative traits in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 1998, vol. 63., no 4, pp. 207–212.
- Bayoumi T. Y. Heritability and early generation selection for drought tolerance in bread wheat // *Egypt journal of plant breeding*. 2006, vol. 10, iss. 2, pp. 119–134.
- Beek M. A. Selection procedures for durable resistance in wheat. Dissertation. Agricultural university. 1988. Agricultural University. Promotor(en): J.E. Parlevliet. S.l. : Beek, 114 p.
- Benbelkacem A., Menki M. S., Rasmusson D. C. Breeding for high tiller number and yield in barley // *Crop Science*. 1984, vol. 24, no 5, pp. 968–972. DOI: [10.2135/cropsci1984.0011183X002400050034x](https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050034x).
- Benin G., de Carvalho F. I. F., de Oliveira A. C., Lorencetti C., Valério I. P., Schmidt D. A. M., Hartwig I., Ribeiro G., Vieira E. A., da Silva J. A. G. Early generation selection strategy for yield and yield components in white oat // *Scientia Agricola*. 2005, vol. 62, no. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000400009>.
- Benmahammed A., Kribaa M., Bouzerzour H., Djekoun A. Relationships between F2, F3 and F4-derived lines for above ground biomass and harvest index of three barley (*Hordeum vulgare* L.) crosses in a Mediterranean-Type Environment // *Agricultural Journal*. 2008, vol. 3, iss. 4, pp. 313–318.
- Bhatt G. M. Diallel analysis and cross prediction in common bread wheats // *Australian journal of agricultural research*. 1973., vol. 24, iss. 2, pp. 169–178.
- Bhatt G. M. Response to two-way selection for harvest index in two wheat (*Triticum aestivum* L.) crosses // *Australian journal of agricultural research*. 1977, vol. 28, pp. 29–36.
- Bidinger F. R., Raju D. S. Response to selection for increased individual grain mass in pearl millet // *Crop Science*. 2000, vol. 40, no. 1, pp. 68–71. DOI: [10.2135/cropsci2000.40168x](https://doi.org/10.2135/cropsci2000.40168x).
- Board J. E., Kang M. S., Harville B. G. Path analyses identify indirect selection criteria for yield of late-planted soybean // *Crop Science*. 1997, vol. 37, no. 3, pp. 879–884.
- Borghi B., Accerbi M., Corbellini M. Response to early generation selection for grain yield and harvest index in bread wheat (*T. aestivum* L.) // *Plant breeding*. 1998, vol. 117, iss. 1, pp. 13–18.
- Briggs K. G., Shebeski L. H. Early generation selection for yield and bread making quality of hard red spring wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Euphytica*. 1971, vol. 20, iss. 3, pp. 453–463. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00035673>.
- Busch R. H., Kofoed K. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat // *Crop Science*. 1982, vol. 22, no. 3, pp. 568–572. DOI: [10.2135/cropsci1982.0011183X002200030032x](https://doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200030032x).
- Dahiya B. S., Waldia R. S., Kaushik L. S., Solanki I. S. Early generation yield testing versus visual selection in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // *Theoretical and Applied Genetics*. 1984, vol. 68, iss. 6, pp. 525–529. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00285005>.
- DePauw R. M., Shebeski L. H. An evaluation of an early generation yield testing procedure in *Triticum aestivum* // *Canadian journal of plant science*. 1973, vol. 53, iss. 3, pp. 465–470. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps73-089>.
- Derera N. F., Bhatt G. M. Effectiveness of mechanical mass selection in wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Australian journal of agricultural research*. 1972, vol. 23, iss. 5, pp. 761–768. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9720761>.
- Falconer D. S. Introduction to quantitative genetics. The Ronald Press Co., New York. 1960.
- Fasoulas A. C. A new approach to breeding superior yielding varieties. Dept. Genet. Plant Breeding, Aristotelian Univ., Thessaloniki, Greece. 1973. Publ. 3, 42 p.

- Feil B. Breeding progress in small grain cereals – a comparison of old and modern cultivars // *Plant Breeding*. 1992, vol. 108, iss. 1, pp. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1992.tb00093.x>.
- Fischer R. A., Kertesz Z. Harvest index in spaced populations and grain weight in microplots as indicators of yielding ability in spring wheat // *Crop Science*. 1976, vol. 16, no 1, pp. 55–59. DOI: 10.2135/cropsci1976.0011183X001600010014x.
- Frey K. J. Mass selection for seed width in oat populations // *Euphytica*. 1967, vol. 16, iss. 3, pp. 341–349. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00028940>.
- Gebeyehou G., Knott D. R., Baker R. J. Relationships among durations of vegetative and grain filling phases, yield components and grain yield in durum wheat cultivars // *Crop Science*. 1982, vol. 22, no. 2, pp. 287–290. DOI: 10.2135/cropsci1982.0011183X002200020021x.
- Gravois K. A., McNew R. W. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components // *Crop Science*. 1993, vol. 33, no 2, p. 249–252. DOI: 10.2135/cropsci1993.0011183X003300020006x.
- Hamblin J., Donald C. M. Relationships between plant form, competitive ability and grain yield in a barley cross // *Euphytica*. 1974, vol. 23, iss. 3, pp. 535–542. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00022474>.
- Haryanto T. A. D., Shon T., Yoshida T. Effects of selection for yield components on grain yield in pearl millet (*Pennisetum typhoideum* Rich.) // *Plant Production Science*. 1998, vol. 1, iss. 1, pp. 52–55. DOI: <https://doi.org/10.1626/pp.1.52>.
- Hegstad J. M., Bollero G., Nickell C. D. Potential of using plant row yield trials to predict soybean yield // *Crop Science*. 1999, vol. 39, no. 6, pp. 1671–1675. DOI: 10.2135/cropsci1999.3961671x.
- Helsel D. B. Grain yield improvement through biomass selection in oats (*Avena sativa* L.) // *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 1985, vol. 94 pp. 298–306.
- Hill R. R., Kolb F. L., Marshall H. G. Prediction of F3 row performance from F2 individual plant data in oats // *Theoretical and Applied Genetics*. 1991, vol. 81, iss. 1, pp. 79–82. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00226115>.
- Islam M. A., Fautrier A. G., Langer R. H. M. Early generation selection in 2 wheat crosses 2. F3 line selection // *New Zealand journal of agricultural research*. 1985, vol. 28, iss. 3, pp. 319–323. DOI: 10.1080/00288233.1985.10430434.
- Johnson L. P. V. Application of diallel cross techniques to plant breeding. In "Statistical Genetics and Plant Breeding", ed. Hanson and Robinson. NAS-NRC Publ. No. 982. 1963.
- Knott D. R. Effects of selection for F2 plant yield on subsequent generations in wheat // *Canadian Journal of Plant Science*. 1972, vol. 52, iss. 5, pp. 721–726. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps72-118>.
- Kramer Th., Van Ooijen J. W., Spitters C. J. T. Selection for yield in small plots of spring wheat // *Euphytica*. 1982, vol. 31, iss. 3, pp. 549–564. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00039193>.
- Kumar J., Bahl P. N. Direct and indirect selection for yield in chickpea // *Euphytica*. 1992, vol. 60, iss. 3, pp. 197–199.
- Lalić A., Kovačević J., Novoselović D., Drezner G., Babić D. Comparison of pedigree and single seed descent method (SSD) in early generation of barley // *Poljoprivreda*. 2003, vol. 9, iss. 2, pp. 33–37.
- Lalić A., Novoselović D., Kovačević J., Drezner G., Babić D., Abić I., Dvojković K. Genetic gain and selection criteria effects on yield and yield components in barley (*Hordeum vulgare* L.) // *Periodicum biologorum*. 2010, vol. 112, no. 3, pp. 311–316.
- Lonbani M., Arzani A. Morpho-physiological traits associated with terminal drought stress tolerance in triticale and wheat // *Agronomy Research*. 2011, vol. 9, pp. 315–329.
- Lungu D. M., Kaltsikes P. J., Larter E. N. Intra- and intergeneration relationships among yield, its components and other related characteristics in spring wheat // *Euphytica*. 1990, vol. 45, iss. 2, pp. 139–153. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00033281>.
- Lupton F. G. H. Studies in the breeding of self-pollinating cereals. 3. Further studies in cross prediction // *Euphytica*. 1961, vol. 10, iss. 2, pp. 209–224. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00022213>.
- Mahdy E. E. Single and multiple traits selection in a segregating population of wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Plant Breeding*. 1988, vol. 101, iss. 3, pp. 245–249. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00293.x>.
- Talapada M. M. Early generation selection for yield and its components in chickpea / PhD Thesis. 2012. 157 p.
- Marshall D. R. Alternative approaches and perspectives in breeding for higher yields // *Field Crops Research*. 1991, vol. 26, iss. 2, pp. 171–190. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(91\)90034-S](https://doi.org/10.1016/0378-4290(91)90034-S).
- Matuz J., Shamkie J. A., Mesterházy Á. The effect of selection on yield in F2, F3 generations of wheat // *Cereal Research Communications*. 1992, vol. 20, no. 1/2, pp. 25–32.
- McNeal F. H., Qualset C. O., Baldrige D. E., Stewart V. R. Selection for yield and yield components in wheat // *Crop Science*. 1978, vol. 18, no 5, pp. 795–799. DOI: 10.2135/cropsci1978.0011183X001800050027x.
- McVetty P. B. E., Evans L. E. Breeding methodology in wheat. I. Determination of characters measured on F2 spaced plants for yield selection in spring wheat // *Crop Science*. 1980, vol. 20, no. 5, pp. 58–586. DOI: 10.2135/cropsci1980.0011183X002000050009x.
- Nass H. G. Harvest index as a selection criterion for grain yield in two spring wheat crosses grown at two population densities // *Canadian journal of plant science*. 1980, vol. 60, pp. 1141–1146.
- Nass H. G. Effectiveness of several selection methods for grain yield in two F2 populations of spring wheat // *Canadian journal of plant science*. 1983, vol. 63, pp. 61–66. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps83-006>.
- Nass H. G. Selection for grain yield of spring wheat utilizing seed size and other selection criteria // *Canadian journal of plant science*. 1987, vol. 67, pp. 605–610. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps87-086>.

- Ndondi R. V. Comparison of F2 single plant grain yield and total dry matter as estimators of yield potential in wheat / Van Ginkel, M., Tanner D. G., eds. 1988. Fifth Regional Wheat Workshop for Eastern, Central, and Southern Africa and the Indian Ocean. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Ntare B. R., Aken'ova M. E., Redden R. J., Singh B. B. The effectiveness of early generation (F3) yield testing and the single seed descent procedures in two cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) crosses // *Euphytica*. 1984, vol. 33, iss. 2, pp. 539–547.
- O'Brien L., Baker R. J., Evans L. E. Response to selection for yield in F3 of four wheat crosses // *Crop Science*. 1978, vol. 18, no. 6, pp. 1029–1033 DOI: 10.2135/cropsci1978.0011183X010800180031x.
- Okolo E. G. Harvest index of single F2 plants as a yield potential estimator in common wheat. M.S. Thesis, Univ of Manitoba, Winnipeg, Canada. 1977.
- Okuyama L. A., Federizzi L. C., Neto J. F. B. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat // *Ciência Rural*. 2004, vol. 34, no. 6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000600006>.
- Ortiz R., Trethowan R., Ferrara G. O., Iwanaga M., Dodds J. H., Crouch J. H., Crossa J., Braun H.-J. High yield potential, shuttle breeding, genetic diversity, and a new international wheat improvement strategy // *Euphytica*. 2007, vol. 157, iss. 3, pp. 365–384. DOI: 10.1007/s10681-007-9375-9.
- Parlevliet J. E., Van Ommeren A. Recurrent selection for grain yield in early generations of two barley populations // *Euphytica*. 1988, vol. 38, iss. 2, pp. 175–184. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00040189>.
- Pedro A., Savin R., Parry M. A. J., Slafer G. A. Selection for high grain number per unit stem length through four generations from mutants in a durum wheat population to increase yields of individual plants and crops // *Field Crops Research*. 2012, vol. 129, pp. 59–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.01.016>.
- Quail K. J., Fischer R. A., Wood J. T. Early generation selection in wheat. I. Yield potential // *Australian journal of agricultural research*. 1989, vol. 40, iss. 6, pp. 1117–1133. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR9891117>.
- Rahman M. A., Bahl P. N. Evaluation of early generation testing in chickpea // *Plant breeding*. 1986, vol. 97, iss. 1, pp. 82–85. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1986.tb01306.x>.
- Ramvalho M. A. P., Abreu Á. F. B., dos Santos J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean // *Euphytica*. 2005, vol. 144, iss. 1/2, pp 23–29. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-005-5694-x>.
- Rasmusson D. C., Cannell R. Q. Selection for grain yield and components of yield in barley // *Crop science*. 1970, vol. 10, no. 1, pp. 51–54. DOI: 10.2135/cropsci1970.0011183X001000010020x.
- Rasmusson D. C. An evaluation of ideotype breeding // *Crop Science*. 1987, vol. 27, no 6, pp. 1140–1146. DOI: 10.2135/cropsci1987.0011183X0027000600011x.
- Rebetzke G. J., Richards R. A., Holland J. B. Population extremes for assessing trait value and correlated response of genetically complex traits // *Field Crops Research*. 2017, vol. 201, pp. 122–132.
- Reddy Y. S., Talukdar A., Dikshit H. K., Singh V. P., Rana M., Anju P. Response of different yield components as selection criteria for yield and yield components in early generations of lentil (*Lens culinaris* L.) // *Legume Research*. 2017, vol. 40, iss. 1, pp. 160–164. DOI: 10.18805/lr.v0iOF.9597.
- Reynolds M. P., Singh R. P., Ibrahim A., Ageeb O. A. A., Larque-Saavedra A., Quick J. S. Evaluating physiological traits to complement empirical yield selection for wheat in warm environments // *Euphytica*. 1998, vol. 100, iss. 1/3, pp. 85–94. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1018355906553>.
- Rosal C., Ramalho M. A. P., Gonçalves F., Abreu Á. F. B. Early selection for common bean grain yield // *Bragantia*. 2000, vol. 59, no. 2, pp. 189–195. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052000000200010>.
- Rosielle A. A., Frey K. J. Estimation of selection parameters associated with harvest index in oat lines derived from a bulk population // *Euphytica*. 1975, vol. 24, pp. 121–131. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00147176>.
- Royo C., Alvaro F., Martos V., Ramdani A., Isidro J., Villegas D., Garcia del Moral L. F. Genetic changes in durum wheat yield components and associated traits in Italian and Spanish varieties during the 20th century // *Euphytica*. 2007, vol. 155, iss. 1/2, pp. 259–270. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9327-9>.
- Rubaihayo P. R. The selection criteria for seed yield in grain legumes // *East African Agricultural and Forestry Journal*. 1976, vol. 41, iss. 4, pp. 289–293. DOI: <https://doi.org/10.1080/00128325.1976.11662811>.
- Saadalla M. M. Response to early-generation selection for yield and yield components in wheat // *Cereal Research Communications*. 1994, vol. 22, no. 3, pp. 187–193.
- Seitzer J. F., L. E. Evans. Yield gains in wheat by the pedigree method of selection and two early yield tests // *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 1978, vol. 80, pp. 1–10.
- Sharma R. C., Smith E. L. Selection for high and low harvest index in three winter wheat populations // *Crop Science*. 1986, vol. 26, no 6, pp. 1147–50. DOI: 10.2135/cropsci1986.0011183X0026000600013x.
- Sharma R. C., Smith E. L., McNew R. W. Combining ability analysis for harvest index in winter wheat // *Euphytica*. 1991, vol. 55, iss. 3, pp. 229–234. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00021243>.
- Sharma R. C. Selection for biomass yield in wheat // *Euphytica*. 1993, vol. 70, iss. 1/2, pp. 35–42. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00029638>.
- Sharma R. C., Tiwary A. K., Ortiz-Ferrara G. Reduction in kernel weight as a potential indirect selection criterion for wheat grain yield under terminal heat stress // *Plant Breeding*. 2008, vol. 127, iss. 3, pp. 241–248. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01460.x>.

- Siddique K. H. M., Whan B. R. Ear:stem ratios in breeding populations of wheat: significance for yield improvement // *Euphytica*. 1993, vol. 73, iss. 3, p. 241–254. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00036703>.
- Sidwell R. J. Heritability and interrelations of yield and yield-related traits in a hard red winter wheat cross (*Triticum aestivum* L.). Ph. D. dissertation, Oklahoma State University. Stillwater. 1975.
- Sidwell R. J., Smith E. L., McNew R. W. Inheritance and Interrelationships of grain yield and selected yield-related traits in a hard red winter wheat cross // *Crop Science*. 1976, vol. 16, no. 5, pp. 650–654. DOI: 10.2135/cropsci1976.0011183X001600050013x.
- Simmonds N. W. How frequent are superior genotypes in plant breeding populations? // *Biological reviews*. 1989, vol. 64, iss. 4, pp. 341–365. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1989.tb00680.x>.
- Singh R. P., Rajaram S., Miranda A., Huerta-Espino J., Autrique E. Comparison of two crossing and four selection schemes for yield, yield traits, and slow rusting resistance to leaf rust in wheat. In: Braun H J., Altay F., Kronstad W. E., Beniwal S. P. S., McNab A. (eds). *Wheat : Prospects for Global Improvement*. Developments in Plant Breeding, 1997, vol. 6. Springer, Dordrecht. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-4896-2_13.
- Singh T., Balyan H. S. Relative efficiency of various single plant selection criteria and F3 generation yield testing in wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2003, vol. 63, pp. 24–29.
- Singh T. Evaluation of empirical and predictive approach of selection for yield improvement in wheat // *Journal of Plant Science & Research*. 2015, vol. 2, iss. 2, p. 131.
- Sinha G. C. P., Sharma N. N. Correlation, regression and path analysis studies in wheat varieties // *Indian Journal of Agronomy*. 1979, vol. 25, no. 2, pp. 225–229.
- Slafer G. A., Andrade F. H. Physiological attributes related to the generation of grain-yield in bread wheat cultivars released at different eras // *Field Crops Research*. 1993, vol. 31, iss. 3/4, pp. 351–367. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90073-V](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90073-V).
- Sneep J. Selection for yield in early generations of self-fertilizing crops // *Euphytica*. 1977, vol. 26, iss. 1, pp. 27–30. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00032064>.
- Stelling D., Ebmeyer E. Selection in early generations of dried peas, *Pisum sativum* L. I. Values of heritability and efficiency of indirect selection // *Plant breeding*. 1990a, vol. 105, iss. 3, pp. 169–179. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1990.tb01194.x>.
- Stelling D., Ismail M. H., Ebmeyer E., Frauen M., Robbelen G. Selection in early generations of dried peas, *Pisum sativum* L. III. Plot size and plot type // *Plant Breeding* 1990b. vol. 105, iss. 3, pp. 238–247. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1990.tb01201.x>.
- Sürek H., Beşer N. Selection for grain yield and its components in early generations in rice (*Oryza sativa* L.) // *Trakya University Journal of Science*. 2005, vol. 6, iss. 1, pp. 51–58.
- Takeda K., Frey K. J. Increasing grain yield of oats by independent culling for harvest index and vegetative growth index or unit straw weight // *Euphytica*. 1985, vol. 34, iss. 1, pp. 33–41. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00022861>.
- Thurling N., Ratnam M. Early generation selection for grain yield in narrow-leaf lupin (*Lupinus angustifolius* L.) II. Variation in early segregating generations of a selected cross // *Plant Breeding*. 1989, vol. 102, iss. 4, pp. 286–295. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1989.tb01257.x>.
- Utz H. F., Alber K. D., Schnell F. W., Snoy M.-L. Selektion in frühen Generationen des Winterweizens. I. Merkmalskorrelationen // *Zeitschrift für Pflanzenzüchtg.* 1973, vol. 70, pp. 38–50.
- Van Oeveren A. J. A comparison between single seed descent and early cross selection in wheat breeding // *Euphytica*. 1991, vol. 58, iss. 3, pp. 275–287. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00025260>.
- Van Ooijen J. W. The predictive value of quantitative genetic parameters in autogamous crops: bias caused by intergenotypic competition. 2. F_{∞} -variance // *Euphytica*. 1989, vol. 44, iss. 1/2, pp. 95–108. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00022604>.
- Weber W. E. Selection in early generations // *Efficiency in Plant Breeding*. 1984, pp. 72–81. Proceedings of the 10th Congress of the European Association for Research on Plant Breeding, EUCARPIA Wageningen, the Netherlands, 19–24 June 1983.
- Whan B. R., Rathjen A. J., Knight R. The relation between wheat lines derived from the F2, F3, F4 and F5 generations for grain yield and harvest index // *Euphytica*. 1981, vol. 30, iss. 2, pp. 419–430. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00034006>.
- Whan B. R., Rathjen A. J., Knight R. Response to selection for grain yield and harvest index in F2, F3 and F4, derived lines of two wheat crosses // *Euphytica*. 1982, vol. 31, iss. 1, pp. 139–150. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00028316>.
- Wiersma J. J., Busch R. H., Fulcher G. G., Hareland G. A. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat // *Crop Science*. 2001, vol. 41, no. 4, pp. 999–1005. DOI: 10.2135/cropsci2001.414999x.
- Wricke G., Weber W. E. Quantitative genetics and selection in plant breeding, de Gruyter, New York. 1986
- Yonezawa K. Practical implication of improving the precision of genotype assessment in selection – A theory // *Euphytica*. 1983, vol. 32, iss. 2, pp. 543–555. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00021467>.
- Yuan W., Peng S., Cao C., Virk P., Xing D., Zhang Y., Visperas R. M., Laza R. C. Agronomic performance of rice breeding lines selected based on plant traits or grain yield // *Field Crops Research*. 2011, vol. 121, iss. 1, pp. 168–174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.12.014>.

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-191-205

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.523(540)

**Н. П. Лоскутова,
Т. М. Озерская**

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

Ключевые слова:

экспедиция, растительные ресурсы,
коллекция, образцы

Поступление:

27.11.2018

Принято:

10.12.2018

МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ С ТЕРРИТОРИИ ИНДИИ

Статья посвящена мобилизации генетических ресурсов растений в коллекцию ВИР с территории Индии в результате экспедиционных обследований, выписки и обмена образцами. Первая, самая продолжительная и единственная довоенная экспедиция в Индию профессора В. В. Марковича длилась три года (1926-28 гг.). Он обследовал Северную, Северо-Западную (Пенджаб и Кашмир) и Южную Индию и собрал 2557 образцов. С 1956 по 1959 год 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 страны и собрал более 5 тысяч образцов. С конца 60-х годов усилилась интродукция растительных ресурсов и появилась возможность организовывать планомерные экспедиционные поездки. За период с 1969 по 1991 годы было проведено пять экспедиций в Индию. В 1969 году В. Ф. Дорофеев посетил научные учреждения 10 штатов, познакомился с основными направлениями селекции зерновых культур и собрал 938 образцов. В 1975 году В. Н. Балабанов принял участие в специализированной экспедиции по изучению и сбору диких форм риса, освоению методики создания высокоурожайных, иммунных и высококачественных сортов. В 1976 году была проведена экспедиция под руководством В. Л. Витковского по сбору и изучению диких и культурных форм плодовых, субтропических растений и винограда шести штатов Индии. Делегация посетила 11 институтов и опытных станций и собрала 725 образцов. В 1977 году состоялась экспедиция по территории пяти штатов под руководством Р. А. Удачина с посещением 24 научных и учебных учреждений с целью изучения системы общенациональных проектов по улучшению сельскохозяйственных культур и собрала 3189 образцов. Последняя экспедиция в Индию проходила в 1983 г. под руководством С. Г. Варадинова. Основной упор был сделан на крупные культуры – сорго, африканское и перловое просо. Делегация собрала 250 сортов и местных образцов. Всего в результате экспедиционной деятельности по Индии было собрано и доставлено в Институт 13 146 образцов, представленных 620 видами. Кроме непосредственного сбора образцов в Индии Институт постоянно занимался выпиской образцов. За весь довоенный период с 1925 по 1941 было мобилизовано 2181 образец. В послевоенное время поступление образцов происходило в результате выписки, по линии научного сотрудничества и обмена, через Посольство СССР в Индии (от советников по сельскому хозяйству), Министерство сельского хозяйства и с 1985 года через Агропром. Всего за период с 1948 по 2018 годы интродуцировано из Индии 9278 образцов. Наибольшее количество образцов было привлечено в Институт по крупным культурам – более 3500; по пшенице – 1250 и почти по 1000 образцов по техническим и зернобобовым культурам. Всего за весь период существования Института из Индии было мобилизовано 24605 образцов.

HISTORY OF AGROBIOLOGICAL RESEARCH AND VIR. NAMES OF RENOWN

DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-191-205

ORIGINAL ARTICLE

**N. P. Loskutova,
T. M. Ozerskaya**

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

Key words:

expedition, plant resources,
collection, accessions

Received:

27.11.2018

Accepted:

10.12.2018

MOBILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES FROM THE TERRITORY OF INDIA

The article is dedicated to the mobilization of plant genetic resources from the territories of India 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 India was undertaken by Prof. V. V. Markovich; it lasted three years (1926–1928). He explored the Northern, North-Western (Punjab and Kashmir) and Southern India, where he collected 2557 germplasm samples. From 1956 through 1959, D. V. Ter-Avanesyan, who worked as an agricultural attaché at the USSR Embassy in India, familiarized himself in every detail with the country's plant resources and agriculture, collecting more than 5000 samples. The late 1960s were marked by intensification of plant genetic resources introduction and new opportunities to organize regular collecting missions. In the period from 1969 to 1991, there were five plant exploration trips to India. In 1969, V. F. Dorofeev visited scientific institutions in 10 Indian states, got acquainted with the main trends in cereal crop breeding, and collected 938 plant samples. In 1975, V. N. Balabanov took part in a specialized collecting mission launched to study and collect wild forms of rice and to assimilate methods of breeding high-yielding, immune and high-quality cultivars. In 1976, an expedition team led by V. L. Vitkovsky collected and studied wild and cultivated forms of fruit crops, subtropical plants and grapevines. The team visited 11 institutes and experiment stations in six states of India, and collected 725 accessions. In 1977, another collecting team led by R. A. Udachin, whose task was to study the system of nation-wide projects on crop improvement, traveled over five states, visited 24 scientific and academic institutions, and collected 3189 germplasm samples. The last collecting trip to India was led by S. G. Varadinov in 1983. The accent was made on groat crops, such as sorghum, pearl millet, etc. The team collected 250 varieties and local samples. In total, the Institute's collecting and exploration activities in India mobilized and added to its collections over 13,146 accessions, representing 620 plant species. In addition to direct collecting in India, VIR has always been replenishing its holdings by seed requests. During the whole pre-war period, from 1925 through 1941, 2181 germplasm accessions were added. In the post-war times, acquisition of accessions by mail requests was performed within the framework of scientific collaboration and exchange via the Embassy of the USSR in India (agricultural attachés), the Ministry of Agriculture, and from 1985, the Agroindustrial Committee. All in all, from 1948 through 2018, 9278 accessions were introduced from India. The greatest number of accessions received by the Institute represented groat crops (over 3500), followed by wheat (1250), and industrial crops and grain legumes (nearly 1000 each). In total, during the whole period of its existence, the Institute has mobilized 24605 accessions.

Изучение и сбор растительных ресурсов земного шара было одним из главных направлений исследований Николая Ивановича Вавилова. В 1920 году Н. И. Вавилов становится заведующим Отдела прикладной ботаники и селекции, и это определяет дальнейшую судьбу Отдела, а затем и Института¹: *«Много всяких планов. Хочется сделать Отдел нужным учреждением, возможно полезным для всех. Собрать со всего Света сортовой материал, привести в порядок, сделать из Отдела хранилище всех богатств культур, флоры...»* (Vavilov, 1980, p. 79).

К началу 1922 года Н. И. Вавилов окончательно определил для себя направление экспедиционных обследований и сбора растительных ресурсов, необходимых как для формирования коллекции Отдела прикладной ботаники и селекции, так и для решения проблемы происхождения культурных растений.

В основу проведения экспедиций Н. И. Вавиловым был положен географический принцип. В письме к Г. К. Мейстеру в 1924 г. он пишет: *«Мы наладились в настоящее время определенно на географический подход к изучению культурных растений, логически неизбежному изучению различных районов, в особенности сопредельных с Россией стран»* (Vavilov, 1980, p. 164).

И уже с 1925 года, на основании Положения о Всесоюзном Институте Прикладной Ботаники и Новых культур (Постановление СНК СССР от 16/VI-1925 г., № 39, ст. 289), в функции Института были включены:

экспедиционные исследования и сбор возделываемых культур в областях мало или совершенно не изученных как в пределах СССР, так и за границей.

натурализация и акклиматизация сортов плодовых деревьев, огородных и специальных растений с биологическим анализом факторов их приспособляемости.²

В последующие годы изменялась формулировка этих функций, но мобилизация и экспедиционные обследования и в настоящее время стоят на первом месте среди целей и задач Института.

При планировании экспедиций Н. И. Вавилова интересовали, прежде всего, территории древних земледельческих цивилизаций и горные регионы различных стран. В одном из писем он делится своими планами: *«...порядок наших экспедиций на ближайшее время следующий: Средиземноморское побережье, Китай, Малая Азия, Кашигар, Северо-Западная Индия»* (Vavilov, 1980, p. 211).

Исключительная загруженность Н. И. Вавилова не позволяла ему самому обследовать все намеченные им страны, поэтому он привлекает в Институт признанных специалистов того времени для реализации своих идей.

Немаловажную роль в экспедиционном обследовании сыграл Василий Васильевич Маркович, приглашенный в 1924 году Н. И. Вавиловым на должность ученого специалиста по секции субтропических культур. И уже в 1925 году по рекомендации Н. И. Вавилова В. В. Маркович приступил к подготовке экспедиции по Азиатским странам (Египет, Индия, Палестина, о. Ява, Китай и Япония)³. Индия очень интересовала Н. И. Вавилова, как наиболее важный по богатству и разнообразию видов центр происхождения культурных растений. Экспедиция планировалась на один год, а продлилась три года. Это была самая длительная и единственная довоенная экспедиция Института в Индию.

В послевоенное время экспедиционное обследование Индии продолжил доктор биологических наук, профессор Давид Варганович Тер-Аванесян. С 1956 по 1959 год Д. В. Тер-Аванесян по линии МИД СССР находился в Индии в качестве советника по

¹ Начиная с Бюро по прикладной ботанике в 1894 году и до настоящего времени Институт много раз менял свое название, поэтому в статье будет указан как «Институт».

² Архив ВИР, Историческая справка к Описи № 1 от 14 мая 1962 г. с. 4–6.

³ Соратники Николая Ивановича Вавилова. Исследователи генофонда растений. 2-е издание значительно переработанное и дополненное. Санкт-Петербург: ООО «Р-КОПИ», 2017. 584 с.

сельскому хозяйству при Посольстве СССР, что позволило ему детально познакомиться с богатством культурной и дикой флоры, сельским хозяйством и научными учреждениями Индии.

С конца 60-х годов усилилась интродукция растительных ресурсов. Появилась возможность организовывать планомерные экспедиционные поездки в центры происхождения и разнообразия культурных растений и их диких родичей, откуда привлекались в коллекцию тысячи образцов. В 1980-е годы Институт организует экспедиции по всем континентам, претворяя в жизнь наказ Н. И. Вавилова, что обследование одних и тех же территорий, особенно центров происхождения культурных растений, где наиболее активно происходит процесс формообразования, необходимо проводить раз в 5–10 лет (Loskutov, 2009).

После Д. В. Тер-Аванесяна было проведено 5 экспедиций в Индию. По их результатам в Трудах по прикладной ботанике, генетике и селекции и других изданиях участники экспедиций традиционно публиковали статьи, которые, как правило, были посвящены профильной культуре, с которой работал автор. Эти статьи, как и монографии Д. В. Тер-Аванесяна находятся в свободном доступе и не будут освещены в данной публикации. В статье будут представлены результаты экспедиций по неопубликованным экспедиционным отчетам и, в первую очередь, по томам В. В. Марковича.

Экспедиция В. В. Марковича (1926–1928).

В. В. Маркович был командирован в Индию Институтом при участии Научного Химико-Фармацевтического Института (г. Москва) и Резинотреста. В связи с этим он написал: *«Одним из важнейших вопросов, который нас интересовал, было хинное дерево. Вторым вопросом, поставленным нам Резинотрестом – это нахождение каучуконосов, особенно из рода Manihot Mill. Третий вопрос, поставленный нам – добыть все возможное для испытания в наших субтропиках (в первую очередь – чай и сахарный тростник). Из второстепенных не коммерческих культур – цитрусы, бобовые (зеленое удобрение), рис, плодовые и огородные с коротким сроком созревания»*⁴.

Экспедиция проходила с 8 апреля 1926 г. по 17 октября 1928 г. В Индии В. В. Маркович был дважды и обследовал Северную, Северо-Западную (Пенджаб и Кашмир), Южную Индию. В архиве ИОГен РАН сохранилось письмо Н. И. Вавилова Марковичу «НАШИ ПОЖЕЛАНИЯ» о докладе на два часа по Кашмиру, Пенджабу и Сиккиму с перечнем, что представить в докладе и задачами для «будущих экспедиций в Кашмир, Пенджаб и Сикким. Что осталось сделать». И второй доклад на торжественном заседании расширенной Научной Коллегии обо всех странах с представлением достижения экспедиции и демонстрации важнейших привезенных работ, сортового материала. *«Особое внимание южным культурам [цитрусовые, хинное дерево]. Демонстраций возможно больше, до 100 или даже до 150 диапозитивов»*⁵. Скорее всего, доклады состоялись, и Н. И. Вавилов дал задание описать экспедицию, что В. В. Маркович и сделал, написав три научных труда: том первый – «Голландская Индия – Остров Ява», том второй – «Британская Индия – остров Цейлон», третий том – «Британская Индия – Южная Индия». И приступил к четвертому тому «Британская Индия – Остальная Индия, Сикким и Кашмир»⁶. Но труды эти не были изданы и считались

⁴ АРГО. Ф. 83. Оп. 1. № 49.

⁵ Архив ИОГен РАН.

⁶ Архив ВИР. Оп. 2-1. Д. 748. С. 27–28.

утерянными. В 2017 году три первых тома удалось обнаружить в Архиве РГО, что явилось значительным событием для нашего Института.

В этих трех томах, опираясь на пожелания Н. И. Вавилова, В. В. Маркович описывал первые впечатления от посещаемых мест, свои переезды, транспорт, знакомства, бытовые условия; эмиграционные и таможенные проблемы, быт туземцев, буддийские памятники; приводил хозяйственно-историко-географический очерк каждого резидентства или провинции, его административное управление, описание городов и людей. Значительная часть описания отводилась почвам, климату и флоре; более детально учреждениям Департамента Земледелия, Ботаническим садам, опытным станциям, опытным полям, организации и характеристике научных исследований, полезным и коммерческим культурам, их возделыванию, переработке, использованию, объемам производства и фабрикам по переработке. В конце следовали обобщения и заключения и списки собранных растений.

Британская Индия – Южная Индия.

Что касается собственно Индии, то В. В. Маркович смог описать только Южную Индию, где он обследовал Мадрасское и Бомбейское Президентства⁷.

В Мадрасе В. В. Маркович посетил Департамент земледелия, Ботанический сад (Horticultural Garden) и агро-хортикультурное общество, Ботанический сад города Ootacamund. Подробно остановился на эвкалиптовой и хинной промышленности; описании древесных растений.

В Бенгалоре он познакомился с господином G. H. Krumbigel – директором Департамента Земледелия и Ботанического сада, который сопровождал его в поездке по округу, и рекомендовал растения для засушливых субтропических зон. В. В. Марковичем было подробно описано, какие растения из коллекций сада у нас уже растут, и что необходимо натурализовать. Его, конечно же, очень заинтересовали фикусы, особенно майсорский вид *Ficus mysorensis* [*Ficus mysorensis* В. Heyne ex Roth]⁸, а также капок *Bombax malabaricum* [*Bombax malabaricum* DC.] – хлопковое дерево для засушливых мест, с огненно-красными цветами, из плодовых капсул которых добывают вату, образующуюся из пушистых нитей на верхушках семян. Эта вата и называется капок. Он определил, что из 41 вида плодовых растений 19 у нас разводятся, 11 – желательно развести и только 11 – скорее всего не смогут произрастать в условиях Союза. Среди 108 экономических культур 40 у нас растет, 31 – желательны и только 29 сомнительны для интродукции. Тропические древесные, а также кофе, какао, ваниль в наших условиях на открытом воздухе не смогут произрастать. Но далее В. В. Маркович отмечает, что: «...даже те растения, которые у нас не пойдут, а там культивируются, интересны, как характеризующие культурную флору большого округа»⁹. Кроме культурной флоры по всему пути следования им приводятся подробные описания дикой флоры, особенно древесных растений.

В Бомбейском округе описаны достопримечательности и окружающая природа, и конечно, Ботанический и Зоологический сад (Victoria Gardens).

Н. И. Вавилов очень интересовался экспедицией, и все время переписывался с В. В. Марковичем. В письме от 26 ноября 1927 г. он пишет: «...Я чрезвычайно рад тому, что Вы уже в Индии. Отныне все внимание наше направлено к Вам.

⁷ Географические названия и названия учреждений (на русском или иностранном языке) приводятся в авторской редакции экспедиционных отчетов.

⁸ Латинские названия растений приводятся в авторской редакции, в квадратных скобках – современное название.

⁹ АРГО. Ф. 83. Оп. 1. № 49. С. 113.

Совершайте подвиги! Исследуйте, возможно, лучше, возможно больше север Индии, подножие Гималаев. Индия нас интересует больше, чем какая-либо страна <...> Большая просьба к Вам уделить особое внимание пшенице, зерновым бобовым, льну, конопле, крестоцветным растениям, огородным растениям; притом нужно возможно больше образцов из разных мест...». И в письме от 02.01.1928 г.: «...Теперь начинается подвиг; не останавливайтесь и делайте дело в кредит, все равно. Гарантирую Вам уплату своим жалованием, пока состою директором. Но не забудьте о хлебах: побольше местных сортов...»¹⁰.

Британская Индия – Остальная Индия, Сикким и Кашмир.

Что касается Северной Индии, то описать экспедицию В. В. Маркович не успел, но есть карта маршрута и база данных образцов, которые он собрал и передал в Институт. В базе данных указано место сбора или отправки образцов в Союз. Часто указано «через Марсель» и тогда нет возможности выяснить, в каком из штатов были собраны или приобретены образцы. В случае наличия больших городов, В. В. Маркович проживал в них и из этих городов отправлялся в близлежащие штаты. Собранные растения и семена он часто отправлял из этих городов. Так, из Калькутты (штат Западная Бенгалия) было два больших маршрута – в центральные провинции (Уттар-Прадеш, Мадхья-Прадеш, Махараштра, Бихар) и на север (северная часть Западной Бенгалии, Сикким) и северо-восток (Ассам, Мегхалая) Индии. Большая часть сборов была выслана из Калькутты и Дарджилинга (Западная Бенгалия). В базе указаны населенные пункты (Gauhati, Sylhet, Дасса и др.), в которых проводились обследование и сборы образцов. Иногда дополнительно указаны рынки, Ботанические сады, научные и учебные учреждения.

Всего из Калькутты и Дарджилинга поступило в коллекцию 1168 образцов. Из этих образцов более 300 – декоративные и древовидные. Это различные виды смородины; барбарисов (в т. ч. барбарис непальский *Berberis nepalensis* Spreng.); цитрусовых; жасминов; клематисов; клеродендрумов; 16 видов рододендронов; дуб плитковидный *Quercus lamellosa* Sm. и дуб сизый *Quercus glauca* Thunb. и др. Из культурных растений большая часть приходится на зерновые: рис посевной (около 150 образцов, большая часть из которых местные); пшеница мягкая, твердая (около 100 образцов); ячмень, гречиха. Также много бобовых: вигна китайская, горох полевой, маш, урд, чечевица культурная, долихос, фасоль аконитолистная, фасоль лимская. Масличные, прядильные и овощные культуры в незначительном количестве. Только в этих штатах собраны арахис культурный *Arachis hypogaea* L., джут длинноплодный *Corchorus olitorius* L., джут круглоплодный *Corchorus capsularis* L., горчица черная *Brassica nigra* (L.) Koch. [*Brassica nigra* (L.) K. Koch], горчица белая *Brassica alba* Boiss. [*Brassica alba* Rabenh., non L.], гречиха посевная *Fagopyrum esculentum* Moench, клещевина обыкновенная *Ricinus communis* L., конопля посевная *Cannabis sativa* L., перец стручковый *Capsicum annuum* L.

После Калькутты В. В. Маркович переезжает в Лахор (штат Пенджаб, современная территория Пакистана) и из Лахора обследует Джамму и Кашмир, Химачал Прадеш и Пенджаб. Здесь основные сборы пришлись на пшеницу (около 300 образцов), ячмень, бобовые. Увеличилось число крестоцветных и овощных культур, в частности бахчевых (арбуз, дыня, огурец, тыква). Собраны мак снотворный; конопля индийская; люффа египетская и остриеристая; гуар; пряные растения. И только из этих штатов поступили капуста полевая *Brassica campestris* L. и конопля индийская *Cannabis indica* Lam.

¹⁰ СПбФ АРАН. Ф. 725. Д. 1.

В. В. Маркович выполнил пожелания Н. И. Вавилова. В результате экспедиции по Азии было собрано 3824 образца, в т. ч. 2557 – из Индии, главным образом тропических растений. Это только образцы, поступившие в Институт. Многие растения, минуя Институт, были отправлены на Кавказ и в Химико-фармацевтический Институт в Москве.

Послевоенное обследование Индии (1956–1983)

Экспедиция Д. В. Тер-Аванесяна.

В послевоенное время возобновились экспедиционные обследования Индии. С 1956 по 1959 год 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 страны. Ему удалось собрать более 5 тысяч образцов для пополнения мировой коллекции Института. Всего было собрано 663 образца пяти видов пшениц (*Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf., *T. compactum* Host, *T. sphaerococcum* Percival, *T. dicoccum* Schuebl.); 199 образцов ячменя (в т. ч. 176 – местные популяции); риса – 294; сорго – 213; гречихи – 42; кукурузы – 232 образца. Зернобобовых культур – 729 образцов, относящихся к 20 родам. Из масличных: 59 образцов масличного льна; 48 – арахиса, 61 – кунжута и 120 образцов крестоцветных масличных. Из прядильных – 230 образцов хлопчатника (селекционных сортов и местных популяций); 13 образцов джута и кенафа. Овощных культур – 747 образцов (Ter-Avanecyan, 1978).

По результатам своей работы в Индии Д. В. Тер-Аванесян написал ряд статей, посвященных проблемам растениеводства и селекции, а также монографии «Сельское хозяйство Индии» (Ter-Avanecyan, 1961), «По дорогам Индии и Непала» (Ter-Avanecyan, 1962) и «Земледелие Индии» – из серии традиционных вировских региональных монографий.

В своей монографии «Земледелие Индии» Д. В. Тер-Аванесян писал о необходимости организованного сбора крестьянских популяций, которые постепенно вытесняются вследствие интенсификации сельского хозяйства. Уже под угрозой исчезновения находятся шарозерная пшеница, просовидные, растения-красители, некоторые бобовые и масличные крестоцветные культуры.

Д. В. Тер-Аванесян считал Индию удивительной страной, поражающей «воображение многообразием растительных ресурсов. Здесь не только центр происхождения многих культурных растений, распространившихся по всему земному шару, но и место колоссального разнообразия форм по отдельным видам» (Ter-Avanecyan, 1978, p. 230).

Публикации Д. В. Тер-Аванесяна позволили в последующие годы провести ряд специализированных экспедиций по Индии. К сожалению, труды В. В. Марковича в то время, да и сейчас, не были известны специалистам, но они бы очень органично дополнили труды Д. В. Тер-Аванесяна, особенно по части дикой флоры и древесных растений, большим знатоком которых был профессор В. В. Маркович. Можно было бы легко сделать сравнения, какие культуры произрастали более 30 лет назад и какие находятся под угрозой исчезновения. В частности, В. В. Маркович очень подробно описывал растения-красители, и у него не было опасений по поводу их исчезновения, о чем уже волнуется Д. В. Тер-Аванесян.

«Зерновая» экспедиция.

В 1969 году состоялась первая послевоенная ботанико-фитопатологическая экспедиция Министерства сельского хозяйства СССР в Индию. Руководитель экспедиции, зам. директора Института Владимир Филимонович Дорофеев, на

протяжении трех с половиной месяцев проводил сборы и изучение растительных ресурсов Индии – в основном это были зерновые культуры. Были обследованы штаты Гимачал Прадеш, Майсор, Бихар, Раджистан, Пенджаб, Западная Бенгалия, Кашмир, Джамма, Махараштра. В экспедиционном отчете (Dorofeev, 1969) отмечено, что территория Индии, как и любой другой крупной страны, подразделяется на природно-климатические зоны с определенным набором выращиваемых сельскохозяйственных культур. На севере страны (Уттар Прадеш, Пенджаб, Бихар, Мадхья Прадеш, часть Раджистана) ведущей культурой является пшеница. В горной части (Гимачал Прадеш, Кашмир, Джамма) возделываются картофель, плодовые и овощные культуры. На востоке Индии в штатах Ассам, Западная Бенгалия, Бихар, Орисса часть Мадхья Прадеш, часть Андхра Прадеш, хорошо обеспеченных осадками находится основная зона рисосеяния. На западном побережье (Махараджа, Майсор) выращивают кокосовые пальмы, а из полевых культур – сорго, хлопчатник, просовидные и арахис.

В. Ф. Дорофеев писал (Dorofeev, 1969), что зерновые культуры Индии представляют большой интерес с точки зрения использования в селекции. Это короткостебельные сорта, устойчивые к полеганию и отзывчивые на высокий агрофон, большинство сортов скороспелые, многие с высоким качеством зерна и устойчивостью к болезням. В Индии возделываются *T. aestivum* и незначительное количество *T. durum*. Пшеница шарозерная – уже не возделывается. Из современных сортов особую ценность представляют индийские карликовые сорта пшеницы (двух- и трехгенные), созданные на базе мексиканских сортов и линий доктора Н. Борлауга. Для пшениц Индии характерной чертой является их скороспелость; ряд форм выделяется высокими хлебопекарными качествами и устойчивостью к болезням. В отчете подробно описана история создания карликовых сортов, известных сортов-носителей генов короткостебельности. Приводится характеристика возделываемых сортов мягкой пшеницы, выведенных Центральным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства в Нью-Дели, включая такие известные сорта как ‘Sonalica’, ‘Kalyansona’, ‘Sherbati Sonora 64’.

Рис, являясь основной сельскохозяйственной культурой Индии, занимает половину сельскохозяйственных площадей. Селекция риса направлена также на выведение карликовых, устойчивых к полеганию и болезням, высококачественных сортов. Приведена характеристика ведущих карликовых сортов риса, возделываемых на полях и представляющих интерес для использования в селекции.

Улучшению сортов ячменя до настоящего времени не уделялось достаточного внимания. Только с 1967 года Всеиндийский координационный исследовательский центр по ячменю начал исследования по проблемам повышения урожайности за счет создания продуктивных сортов и применения удобрений, улучшения качества зерна, устойчивости к болезням и особенно к полеганию. Приведено описание сортов, в том числе карликовых мутантов ячменя, полученных с помощью облучения гамма-лучами. В. Ф. Дорофеевым подробно описана селекция на качество белка зерновых культур в Индийском Центральном институте сельского хозяйства.

Кукуруза в Индии используется как продовольственная и кормовая культура. Возделывается повсеместно, в южной Индии (основная зона возделывания) получают два урожая в год. В основном выращивают кремнистые сорта, но в последнее время ведется работа по созданию сортов зубовидной кукурузы как более урожайной. Программа селекции кукурузы начата только с 1957 года, и было создано четыре гибрида, которые возделываются на высоком агрофоне и занимают незначительные площади. В основном выращивают простые сорта кукурузы, но в последнее время, как отмечает В. Ф. Дорофеев, начата селекционная работа по

созданию специальных «сортов-композите». В отчете описан метод и приведена подробная схема получения сорта-композита 'Jawahar' (Dorofeev, 1969).

Основная задача селекции сорго – выведение для различных районов Индии, высокоурожайных, засухоустойчивых и скороспелых сортов для получения трех-четырех урожаев в год. Также в условиях Индии обнаружено большое разнообразие форм просовидных. Селекционная работа с ними только разворачивается с упором на выведение высокопродуктивных, засухоустойчивых сортов, способных обеспечить сравнительно высокие урожаи на бедных, плохо обеспеченных влагой почвах.

Зернобобовые культуры в Индии возделываются повсеместно, но описаны в отчете очень кратко. Основными культурами являются нут, голубиный горох, маш (индийский и обыкновенный), возделывается также фасоль обыкновенная, конские бобы, чечевица и вигна.

В результате экспедиции было собрано и приобретено на рынках 938 образцов местных и новейших сортов зерновых, зернобобовых, технических, плодовых, овощных, бахчевых культур, цитрусовых и винограда.

«Рисовая» экспедиция.

Следующая экспедиция в Индию в 1975 году была специализированная и организована в рамках Протокола о научно-техническом сотрудничестве между СССР и Индией. Целью экспедиции было изучение и сбор дикорастущих форм риса, освоение методики создания высокоурожайных, иммунных и высококачественных сортов риса. Руководитель экспедиции – канд. биол. наук Владимир Алексеевич Дзюба, члены экспедиции: канд. биол. наук Николай Николаевич Давыдов (ВНИИ риса) и канд. с.-х. наук Вадим Николаевич Балабанов (зав. Астраханским опорным пунктом ВИР). Основная коллекция сортов риса сосредоточена в Центральном научно-исследовательском институте риса (штат Орисса). В 1946 году коллекция включала лишь 2 тыс. образцов. С 1956 года работа по сбору сортов и пополнению коллекции стала проводиться систематически. И в 1975 году коллекция составляла 13474 образца. С 1976 года начала работать десятилетняя программа по изучению и пополнению коллекции, предусматривающая экспедиционные сборы местного материала, интродукцию лучших сортов из других стран, систематизированное изучение сортового разнообразия, имеющегося в Индии (Dzyuba, Balabanov, 1975).

Особое внимание участников экспедиции было направлено на классификацию видового разнообразия риса, техники выращивания и поддержания диких видов риса. Изучен ареал распространения, биология, классификация и эволюция диких видов. Проведены 4 экспедиции по сбору диких форм и видов риса в провинциях: Пури (штат Орисса); Мойсур (штат Карнатака); Малампужа и Кале-Камерин (штат Карала).

Делегация посетила основные научные и селекционные учреждения и подробно познакомилась с проблемами рисосеяния в Индии, сортоиспытанием, внедрением новых сортов и приемов семеноводства риса; с новыми методами селекционной работы, генетических исследований, особенностями работы с коллекцией зародышевой плазмы: изучение, поддержание образцов в живом виде, пополнение.

Всего было собрано в Индии и доставлено в Институт 116 образцов риса, из них 86 культурных и 30 диких форм. Среди культурных форм: карлики – 15; с гроздевидной метелкой – 6; генетические маркеры и детерминанты – 12; устойчивые к засолению – 4; устойчивые к болезням и вредителям – 3; ароматические – 2 и др.

«Плодовая» экспедиция.

Вслед за «рисовой» экспедицией в 1976 году была организована специализированная экспедиция по сбору и изучению диких и культурных форм

плодовых, субтропических растений и винограда. Экспедицию возглавил доктор с.-х. наук Всеволод Леонидович Витковский (ВИР). Из других учреждений участвовали кандидат с.-х. наук Анатолий Михайлович Михеев (НИЗИСНП), кандидат с.-х. наук Георгий Алексеевич Савин (Молд. НИИСВиВ). Целью экспедиции было изучение и сбор местных и культурных форм плодовых, субтропических растений и винограда и знакомство с коллекциями, имеющимися в НИУ, Университетах, и на опытных станциях.

Делегация посетила шесть штатов: Джамму и Кашмир, Химачал Прадеш, Пенджаб, Андхра Прадеш и Карнатака (бывший Мейсор) и познакомилась с коллекционными насаждениями семечковых, косточковых, ягодных, цитрусовых, субтропических культур и винограда и основными направлениями научно-исследовательской работы 11 институтов и опытных станций. По мнению участников экспедиции (Vitkovsky, 1976), данные учреждения, к сожалению, не в полной мере отображают общее состояние садоводства и виноградарства Индии с ее различными почвенно-климатическими и сельскохозяйственными районами. Основной удельный вес в садоводстве Индии приходится на долю яблони, которая в штате Джамма и Кашмир занимает 60% от общей площади под плодовыми культурами. По яблоне проводятся исследования по химической борьбе с болезнями, селекционная работа направлена на получение лежких сортов с хорошим качеством плодов. Изучаются возможности использования аронии японской в качестве подвоя для яблони с целью получать деревья заданного размера.

Много плодовых в штате Гимачал Прадеш, это относится не только к производству яблок, но и других плодовых культур умеренного пояса – цитрусовых, субтропических и орехоплодных. У груши представляют интерес дикie виды *Pyrus pashia* Hamilt. [*Pyrus pashia* B.-Ham. ex D. Don] и *Pyrus serotina* Rend. [*Pyrus serotina* Rehder]. Они имеют высокую всхожесть семян, даже без стратификации и нередко используются как подвой для различных сортов груши. Также в качестве подвоя с высокой всхожестью семян без стратификации используют местную форму дикой черешни – *Prunus puddum* Wall. [*Prunus puddum* hort. ex Hook.] с несъедобными плодами. Описаны основные проблемы с цитрусовыми культурами, в частности оздоровление материала от вирусов; по винограду – селекция на смещение сроков созревания, чтобы «уйти от дождя» и на устойчивость к болезням (Vitkovsky, 1976).

Большое внимание в Индии уделяют культуре миндаля и грецкого ореха. Проводится работа по выявлению и выделению наиболее интересных форм по урожайности и качеству плодов, ведется подбор и интродукция сортов-опылителей, испытывают препараты, задерживающие весеннее цветение миндаля. В отчете описаны перспективные формы миндаля и грецкого ореха.

На ряде опытных станций создают коллекции важнейших плодовых, субтропических культур и винограда. Особое внимание при этом уделяется сбору индийских сортов.

В отчете отмечено (Vitkovsky, 1976), что в СССР практически отсутствуют сорта плодовых растений Индии, в том числе стародавнего сорта яблони 'Амбри', отличающегося длительной лежкостью в обычных условиях хранения. Индийские селекционеры успешно используют его в скрещиваниях с лучшими мировыми стандартами. Сортимент плодовых культур известен слабо – фактически лишь по незначительным публикациям. В послевоенные годы в Индию не проводилось ни одной экспедиции с целью сбора местных стародавних сортов и новинок селекции по плодовым культурам.

Делегацией было собрано и привезено в Институт 316 образцов плодовых, ягодных, орехоплодных, цитрусовых, декоративных культур и винограда, а также

409 образцов местных сортов зерновых, бобовых, овощных, кормовых, и других сельскохозяйственных культур.

«Комплексная» экспедиция Р. А. Удачина.

В 1977 году состоялась комплексная экспедиция ВИР под руководством доктора с.-х. наук Роальда Арсеньевича Удачина, сотрудников Института кандидатов с.-х. наук Василия Андреевича Зайцева и Леонида Анатольевича Бурмистрова; кандидата с.-х. наук Дмитрия Алексеевича Соломатина (ВНИИФ), кандидата с.-х. наук Александра Михайловича Шолохова (Никитский БС). Целью экспедиции было изучение методов интродукции, сохранения, изучения и использования в селекции мировых растительных ресурсов; системы общенациональных проектов по улучшения сельскохозяйственных культур; привлечение в коллекцию наиболее ценных селекционных и местных сортов и форм. Экспедиция проходила по территории штатов Харьяна, Хиначал Прадеш, Пенджаб, Раджастан, Утар Прадеш и посетила 24 научных и учебных учреждения. Первоначально предполагалось более длительное посещение страны, но в связи с сокращением экспедиции на месяц удалось посетить только эти пять штатов.

Р. А. Удачин писал (Udachin, 1977), что Индия в последние годы достигла больших успехов в увеличении производства пшеницы, риса, кукурузы, сорго, и это явление получило, как известно, название «Индийской зеленой революции». Реализуемые общенациональные проекты (24 проекта по зерновым, бобовым и масличным культурам, хлопчатнику и др.) включают в себя комплексные селекционно-генетические и прочие разработки и осуществляются под руководством Всеиндийского Совета сельскохозяйственных исследований. Начато создание Национального бюро растительных генетических ресурсов – с главной задачей по обследованию предгорной и горной зон Гималаев с целью сбора и сохранения стародавнего генофонда культурных растений и диких родичей.

Самый большой раздел отчета посвящен пшенице. В нем приведены данные по производству пшеницы по штатам и годам; основные направления исследований, описания сортов и приемы их возделывания. По ячменю селекционная работа началась в 1967 году с начала Всеиндийской координационной программы по улучшению ячменя с решением таких проблем, как повышение урожайности, улучшение качества зерна, устойчивость к болезням и вредителям и отзывчивость на высокий агрофон, а также создание сортов с высокими пивоваренными качествами для экспорта зерна. Рис – основная зерновая культура Индии, и в сравнении с 1960-ми годами посевные площади под ним и урожайность увеличились. Основной упор селекционной работы направлен на выведение устойчивых к полеганию сортов. Участники экспедиции отмечают, что за последние годы почти вдвое увеличились посевные площади под кукурузой. Главное направление селекции – создание ультраскороспелых сортов, для посева первой культурой перед пшеницей. Начата работа по созданию сортов для возделывания в зимний период при орошении. Сорго возделывают в летний и зимний периоды. Селекция ведется на создание засухоустойчивых и скороспелых сортов, чтобы получать не два, а три или четыре урожая в год. Из просяных культур наибольшее значение имеет байджра или милетское просо, которое занимает второе место после риса по посевным площадям. Основная зернобобовая культура – нут. Возделывают нут в чистом виде или в смеси с кунжутом, сорго, пшеницей, льном и т. д., в основном, на неорошаемых землях и урожайность его зависит от погодных условий. Вторая зернобобовая культура – голубиный горох (каянус). Большое внимание уделяется сое, особенно выведению сортов жаростойких в период завязывания бобов и устойчивых к желтой вирусной мозаике.

По производству семян масличных культур Индия занимает одно из первых мест в мире. Основные культуры – кунжут, лен, рапс и горчица, но самая главная, конечно, арахис. Выделена низкорослая форма арахиса МН-2 с урожайностью 48 ц/га, содержанием масла 51% и вегетационным периодом 110 дней. С 1960-х годов большое внимание стало уделяться подсолнечнику, в настоящее время селекция на базе ЦМС. Подсолнечник возделывается в муссонный период, но сильно поражается болезнями и в будущем планируется сделать его культурой зимнего сезона.

С 1967 года селекционная работа по хлопководству была сконцентрирована в рамках Всеиндийского координационного проекта и в результате за сравнительно короткий срок были выведены сорта, удовлетворяющие разнообразным требованиям рынка; усилены работы с получением гибридных сортов с использованием ЦМС. Индия – единственная страна, где возделывается все 4 культурных вида хлопчатника (*Gossypium herbaceum* L., *G. aboretum* L., *G. hirsutum* L., *G. barbadense* L.)

В экспедиционном отчете отмечено, что в последние годы в Индии очень перспективна совершенно новая культура – сахарная свекла, которая в сравнении с сахарным тростником имеет вегетационный период в два раза короче. Высевают сахарную свеклу в конце октября, а убирают к маю, что дает возможность засеять поле культурами летнего сезона, в результате чего общий доход с поля увеличивается.

Все большее значение в Индии приобретают овощные культуры, хотя занимают менее 2% посевных площадей. Планируется более широко изучать и внедрять овощные культуры в производство, потому что они дают основные и дополнительные питательные вещества, максимальный выход продукции с возделываемой площади и скороспелы. Для равнинной части Индии, где возделываются овощные культуры, различают три сезона: весенний или летний, дождливый и зимний. Летний сезон отводят под бахчевые культуры (дыня, арбуз, тыква, огурец) и томаты, баклажаны, перцы. Дождливый – под тыквы, томаты, баклажаны, перцы. Зимний – под капусту, цветную капусту, редьку, репу, морковь, свеклу, шпинат, мангольд, салаты, луки, чесноки, фасоль, горох. В отчете приведены подробные описания сортов овощных и бахчевых культур, направления исследований и селекции; отмечены сложности с семеноводством.

В результате поездки было доставлено в институт 3189 образцов различных культур. Это отзывчивые на орошение, высококачественные, жаростойкие образцы пшеницы; скороспелые, устойчивые к засолению сорта ячменя; засухоустойчивый нут; раннеспелая кукуруза; высокоурожайные, скороспелые сорта риса и сои; технические, бобовые (продовольствие, сидераты), овощные и плодовые культуры.

«Крупяная» экспедиция.

Последняя экспедиция в Индию проходила в 1983 г. под руководством кандидата с.-х. наук Сергея Георгиевича Варадинова и доктора с.-х. наук, профессора Гельмута Яковлевича Маттиса из ВНИИ агрономелиорации. Специалисты посетили Сельскохозяйственный университет в штате Харьяна, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) в городе Хайдерабад штат Андхра Прадеш, Всеиндийский НИИКСХ с Национальным Бюро растительных генетических ресурсов – National Bureau of Plant Genetic Resources (NBPGR) г. Нью-Дели, Центральный НИИ риса – штат Орисса. Целью экспедиции было изучить опыт научно-исследовательских работ, собрать образцы культурных растений. Основной упор был сделан на крупяные культуры – сорго, африканское и перловое просо и др. В Индии по проекту улучшения сорго во Всеиндийском центре селекционных проектов по рису, сорго, африканскому просу в городе Хайдерабад (дубликаты хранятся в ICRISAT) создана коллекция, насчитывающая 22 466 образцов сорго, в том числе 4138 образцов из Индии. В этом центре самые

большие коллекции не только сорго, но и африканского (перлового) проса – 15 388 образцов (10 762 образца из Индии); коллекция голубинного гороха 9936 образцов (9025 образца из Индии), коллекция нута 12 502 образца (9025 – из Индии) и коллекция арахиса 10 211 образцов (1996 – из Индии) (Varadinov, 1983).

С. Г. Варадинов отмечает, что в последние годы в Индии большое внимание уделяется сбору и сохранению генофонда культурных растений, а также древесных пород. Селекционеры Индии используют мировой генофонд культурных растений в селекционных программах и проектах, особенно по ведущим культурам и занимают передовые позиции в тропических странах при создании новых урожайных, устойчивых к болезням и вредителям сортов пшеницы, риса, сорго, африканского проса, нута, хлопчатника. В селекционных проектах по улучшению растений основное внимание уделяется устойчивости к болезням и вредителям; проблемам засухо-, жаро-, солеустойчивости; устойчивости к избыточному увлажнению и затоплению; интенсивности фотосинтеза; разработке прогрессивных технологий возделывания. Но пока еще все эти достижения медленно внедряются в фермерские хозяйства.

В отчете указано, что селекционерами Индии уже созданы сорта и гибриды интенсивного типа с потенциальной урожайностью более 50 ц/га по рису, пшенице, сорго, ячменю, африканскому просу. Но урожайность в Индии растет медленно, так как в производстве на фермах селекционные сорта используются мало, большинство площадей занято местными традиционными сортами. Лучшее дело с пшеницей – новые сорта внедрены в посевы фермеров на 40 %.

Делегация собрала и доставила в ВИР 250 сортов и местных образцов, в основном сорго и крупяных культур. По программе улучшения естественных пастбищ введением в них мелиоративно-кормовых деревьев и кустарников (ВНИИ агролесомелиорации) были определены основные виды деревьев и кустарников для испытания в условиях СССР с целью использования для пастбищного лесоразведения (22 вида).

Это была последняя экспедиция специалистов Института в Индию.

Выписка образцов.

Кроме непосредственного сбора образцов в Индии Институт постоянно занимался выпиской образцов. До первой экспедиции В. В. Марковича из Индии поступило 134 образца зерновых, зернобобовых, крупяных, овощных, технических культур с наибольшим количеством образцов хлопчатника (49). А за весь довоенный период с 1925 по 1941 – 2181 образец. Среди этих образцов 823 присланы из Ботанических садов Индии (Botanic Garden – Darjeeling, The Forest Botanist – Dehra-Dun, Lloyd Botanic garden – Darjeeling). Это образцы древесных растений и, скорее всего, они были заказаны В. В. Марковичем. Среди остальных образцов, поступивших в довоенный период, преобладают крупяные культуры – рис и сорго; зернобобовые, большинство из которых каянус и кроталария; технические – в основном хлопчатник.

В послевоенное время поступление образцов было в результате выписки, по линии научного сотрудничества и обмена, через Посольство СССР в Индии (от советников по сельскому хозяйству), Министерство сельского хозяйства и с 1985 года через Агропром. Всего за период с 1948 по 2018 годы интродуцировано из Индии 9278 образцов. Более 1600 образцов были переданы Институту советниками по сельскому хозяйству и 704 образца через Агропром, также с помощью советников. Около 2000 образцов поступило в результате выписки, очень незначительное количество – по обмену и сотрудничеству, остальные обозначены как «посылка из Индии» или просто указана страна или учреждение. Выписка

образцов с конца 1970-х годов в основном была из ICRISAT и NBPGR. В Институт также передавались образцы, поступившие или заказанные через отдел интродукции Института другими учреждениями (Центральная карантинная лаборатория; Краснодарский НИИСХ, НИИСХ центральных районов нечерноземной зоны, ВНИИ Фитопатологии, ВНИИ Сорго; НПО «Эфирмасло» и др.) и изъятые у пассажиров. Кроме экспедиционных сборов Института в коллекцию были переданы через ФАО (Италия) 245 образцов пшеницы и ячменя, собранные в 1978 году в экспедиции по Индии Dr. J. R. Witcombe из Великобритании.

Наибольшее количество образцов было привлечено в Институт по крупным культурам – более 3500; по пшенице – 1250 и почти по 1000 образцов по техническим и зернобобовым культурам. Среди культур лидирует сорго – более 1700 образцов и пшеница – 1200. Если до 1941 года сорго было мобилизовано 130 образцов, риса – 364, а пшеницы 448 образцов, то с 1948 года ситуация изменилась. До 1975 года наибольшее поступление было по пшенице и рису – период «индийской зеленой революции», а затем поступление этих культур, как и всех остальных, стало уменьшаться. Увеличилось только поступление основных культур, сохраняемых в ICRISAT: сорго и просовидных. С 1975 года уменьшилось и видовая представленность интродуцированных образцов – поступило в институт немного больше 130 видов, в основном, культурных растений.

Заключение

Проанализировав все экспедиционные отчеты и, несмотря на значительное количество образцов, привлеченных в коллекцию в результате экспедиций по Индии, проблемы при сборе материала всегда существовали. Об этом писали все участники экспедиций, начиная с В. В. Марковича – сокращались сроки экспедиций, урезались маршруты, индийские коллеги оказывали препятствия к сбору образцов. В послевоенное время участники экспедиций, как правило, посещали научные учреждения и их централизованно перевозили с места на место, исключая свободное перемещение и сбор материала. Оставались рынки, где можно было приобрести местные сорта и формы, хотя и это не очень приветствовалось индийской стороной. Диких видов и диких родичей собиралось крайне мало; всего были организованы 4 экспедиции совместно с индийскими коллегами по сбору диких видов риса, в результате было собрано 30 диких форм. Также были собраны дикие виды по плодовым и декоративным культурам. В основном индийской стороной предлагалось оставить заявки на образцы различных сельскохозяйственных культур. В получении этого материала по заявкам большую роль сыграли советники по сельскому хозяйству при Посольстве СССР: И. Ф. Карнаухов, К. В. Калинин, Б. Н. Малиновский, А. Н. Лукьяненко, Н. Н. Плешаков, А. И. Чугунов, М. Мухамеджанов. Тем не менее, в результате экспедиционной деятельности по Индии было собрано и доставлено в Институт 13 146 образцов, представленных 620 видами. Это число видов приблизительное и в него входят только виды, которые были определены; все образцы с вопросами по видовой принадлежности при подсчете не учитывались. Данные были взяты из первоисточников отдела интродукции, где тоже не всегда определяли вид образца. Так, у В. В. Марковича среди собранных пшениц не указана шарозерная пшеница, а впоследствии специалисты отдела пшениц идентифицировали среди его сборов *T. sphaerococcum*. Всего за весь период существования Института из Индии было привлечено 24,6 тыс. образцов. Расцвет экспедиционной деятельности и обмена материалом пришелся на 1974–1985 годы – за этот период в Институт было мобилизовано 7300 образцов.

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

- VIR archives. Inventory 2-1. Personnel. Case 748. Markovich V. V. 51 p. [in Russian] (*Архив ВИР. Опись 2-1. Личный состав. Дело 748. Маркович В. В. 51 с.*).
- VIR archives. Historical reference to Inventory No. 1 May 14 1962, 4-6 p. [in Russian] (*Архив ВИР. Историческая справка к Описи № 1 от 14 мая 1962 г. С. 4–6.*).
- Archives of Institute of General Genetic RAS. [in Russian] (*Архив ИОГен РАН*).
- Archives of Russian Geographical Society. Case 83. Inventory 1. [in Russian] (*Архив РГО. Фонд 83. Опись 1. № 49.*).
- Vavilov N. I. 1980. Nauchnoe nasledstvo [Scientific inheritance]. Vol. 5. Vavilov's letters 1911–1928, Moscow : Nauka, 428 p. [in Russian]. *Вавилов Н.И. Научное наследство. Т. 5. Из эпистолярного наследия. 1911–1928. М. : Наука, 1980. 428 с.*
- Varadinov S. G. Report on the results of sending scientists and specialists abroad through international scientific and technical links. 5 Ind 1983 (930), 67 p. [in Russian] (*Варадинов С. Г. Отчет о результатах командирования ученых и специалистов за границу по линии международных научно-технических связей. 5 Ind 1983 (930). 67 с.*).
- Vitkovsky V. L. A full report on the results of the assignment of Soviet scientists V. L. Vitkovsky, G. A. Savin and A. M. Mikheev to India through international scientific and technical links. 5 Ind 1976 (711), 76 p. [in Russian] (*Витковский В. Л. Полный отчет о результатах командирования советских ученых В. Л. Витковского, Г. А. Савина и А. М. Михеева в Индию по линии международных научно-технических связей. 5 Ind 1976 (711). 76 с.*).
- Dzyuba V. A., Balabanov V. N. A full report on the results of sending scientists and specialists abroad through international scientific and technical links. 5 Ind 1975 (665), 75 p. [in Russian] (*Дзюба В. А., Балабанов В. Н. Полный отчет о результатах командирования советских ученых и специалистов за границу по линии международных научно-технических связей. 5 Ind 1975 (665). 75 с.*).
- Dorofeev V. F. Report on the trip of V. F. Dorofeev to India from April 2 to July 15 1969 5 Ind 1969 (435), 48 p. [in Russian] (*Дорофеев В. Ф. Отчет о поездке В. Ф. Дорофеева в Индию 2 апреля – 15 июля 1969 г. 5 Ind 1969 (435). 48 с.*).
- Loskutov I. G. The history of the world collection of plant genetic resources in Russia. St. Petersburg : VIR, 2009, 293 p. [in Russian] (*Лоскутов И. Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. СПб. : ГНЦ РФ ВИР, 2009. 293 с.*).
- Nikolai Ivanovich Vavilov's Associates: Plant Genetic Diversity Researchers: (anniversary edition) / N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). – 2nd edition, significantly revised and supplemented. St. Petersburg: VIR, 2017. – 584 p. [in Russian] (*Соратники Николая Ивановича Вавилова. Исследователи генофонда растений. 2-е издание значительно переработанное и дополненное. Санкт-Петербург: ООО «Р-КОПИ», 2017. 584 с.*).
- Sankt Petersburg branch of RAS archives. Inventory 725 case 1. [in Russian] (Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Опись 725. Дело 1).
- Ter-Avanecyan D. V. Agriculture of India. Moscow : Selkhozgiz, 1961. 248 p. [in Russian] (*Тер-Аванесян Д. В. Сельское хозяйство Индии. М. : Сельхозгиз, 1961. 248 с.*).
- Ter-Avanecyan D. V. On the roads of India and Nepal. Moscow : Vysshaya shkola, 1962. 357 p. [in Russian] (*Тер-Аванесян Д. В. По дорогам Индии и Непала. М. : Высшая школа, 1962. 357 с.*).
- Ter-Avanecyan D. V. Land Cultivation of India. Leningrad : Kolos, Leningrad branch, 1978, 248 p. [in Russian] (*Тер-Аванесян Д. В. Земледелие Индии. Л. : Колос, Ленингр. отд-ние, 1978. 248 с.*).
- Udachin R. A. Report on the results of sending scientists and specialists R. A. Udachin, V. A. Zaitsev, L. A. Burmistrov, D. A. Solomatin and A. M. Sholokhov (August 24 – October 21 1977) to abroad through international scientific and technical links/ 5 Ind 1977 (760), 145 p. [in Russian] (*Удачин Р. А. Отчет о результатах командирования советских ученых Р. А. Удачина, В. А. Зайцева, Л. А. Бурмистрова, Д. А. Соломатина и А. М. Шолохова (24 августа – 21 октября 1977 г.) по линии международных научно-технических связей. 5 Ind 1977 (760). 145 с.*).

Научное издание

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 179, ВЫПУСК 4**

Научный редактор *Е. А. Соколова*
Компьютерная верстка *И. И. Еремеев*
Корректор *Ю. С. Чепель-Малая*

Подписано в печать 24.12.2018. Формат бумаги 70×100 ¹/₈
Бумага офсетная. Печать офсетная
Печ. л. 25,75 Тираж 300 экз. Зак.2612/18

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 42, 44

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