

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

---

**ТРУДЫ  
ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,  
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, том 180  
выпуск 1**

**(основаны Р. Э. Регелем в 1908 г.)**

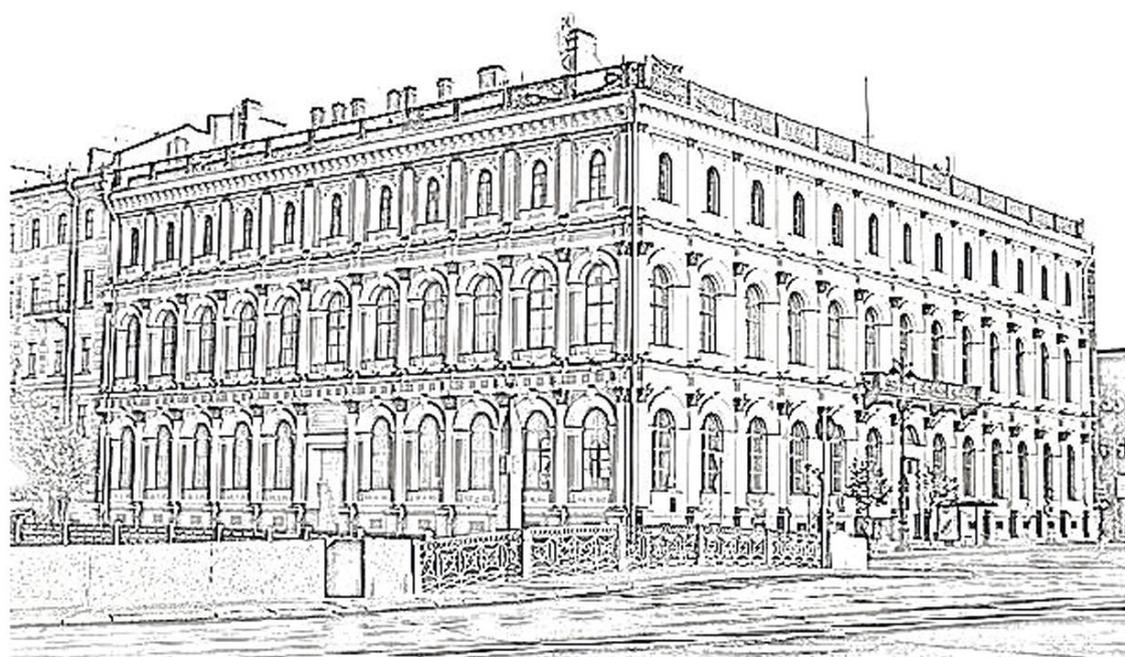
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019**

---

**PROCEEDINGS  
ON APPLIED BOTANY, GENETICS  
AND BREEDING, vol. 180  
issue 1**

**(founded by Robert Regel in 1908)**

**ST. PETERSBURG  
2019**



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

---

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

**volume 180**  
*issue 1*



Editorial board:

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

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

ST. PETERSBURG

2019

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

**том 180  
выпуск 1**



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. Потюкина, 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

2019

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ.** Т. 180, вып. 1. СПб., 2019 120 с.

Дана характеристика паспортной базы данных коллекции местных сортов яровой мягкой пшеницы ВИР и агробиологическая характеристика голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ. Представлены результаты экспедиционного обследования генетического разнообразия кормовых и зернобобовых культур Воронежской и Тамбовской областей. Установлено влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria × ananassa*) *in vitro*. Описаны природные популяции абрикоса горного Дагестана по признакам эндокарпия плода. В условиях Кубанской опытной станции ВИР проанализирован количественный и качественный состав пыльцы видов и гибридов подсолнечника (*Helianthus* L.) с целью использования в селекционной работе. Определена жизнеспособность пыльцы сортов черешни различного эколого-географического происхождения в условиях Северо-Западного региона России. Выявлены генетические источники селекции ячменя (*Hordeum vulgare*) в Волго-Вятском регионе. Исследован полиморфизм сортов земляники садовой по гену устойчивости к антракнозу *Rca2*. Обсуждаются: адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ВИР по показателю «содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области; генетический потенциал качества сортов яровой мягкой пшеницы селекции Курганского НИИСХ; селекционная ценность европейских образцов овса в условиях Кубанской опытной станции ВИР; изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков спаржевой вигны из коллекции ВИР в условиях Астраханской области. Изучены многобобовые мутанты вики посевной (*Vicia sativa*) для передового коммерческого семеноводства. Рассмотрена микроструктура поверхностных тканей листьев и плодов Maloideae (Rosaceae). Приведена история селекции и производства гречихи в России за 100 лет. Дана рецензия на книгу Александра Микича «Lexicon of Pulse Crops».

Табл. 52, Рис. 23, Библиогр. 284 назв.

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

**PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING.** Vol. 180, iss.1. SPb., 2019. 120 p.

The passport database is presented for the collection of spring bread wheat landraces held by VIR, and agrobiological characteristics of hulless barley cultivars bred at Omsk Agrarian Scientific Center are described. The results of plant explorations over Voronezh and Tambov provinces in search of perennial forage and grain legume genetic resources are reported. The effect of LED light sources with varied spectral composition on the *in vitro* rooting ability of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*) is ascertained. Natural apricot populations in the Mountainous Dagestan are described according to their endocarp features. Quantitative and qualitative composition of pollen in sunflower species and hybrids (*Helianthus* L.) has been analyzed under the conditions of Kuban Experiment Station for their breeding prospects. Viability of pollen has been measured in sweet cherry varieties of different ecogeographic origin in the environments of the Russian Northwest. Genetic sources have been identified for barley (*Hordeum vulgare*) breeding in the Volga-Vyatka Region. Polymorphism of the *Rca2* anthracnose resistance gene has been studied in strawberry cultivars (*Fragaria × ananassa*). Topics discussed: adaptive potential of winter rye cultivars developed at VIR in the context of their grain protein content in the environments of Leningrad Province; genetic potential of quality in spring bread wheat cultivars bred at Kurgan Agricultural Research Institute; breeding value of European oat accessions in the environments of Kuban Experiment Station of VIR; variability and correlations of economically valuable traits in cowpea from the VIR collection in the environments of Astrakhan Province. Common vetch (*Vicia sativa*) multi-podded mutants have been researched for enhanced commercial seed production. The microstructure of leaf and fruit surface tissues has been examined in the family Maloideae (Rosaceae). The history of buckwheat breeding and production in Russia during the past 100 years is surveyed. A review of the book *Lexicon of Pulse Crops* by Aleksandar Mikić is presented.

Tabl. 52, Fig. 23, Ref. 284.

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

© Федеральный исследовательский центр  
Всероссийский институт  
генетических ресурсов растений  
имени Н. И. Вавилова,  
2019

## CONTENTS

MOBILIZATION AND CONSERVATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES	
<b>Zuev E. V., Brykova A. N., Kudryavtseva E. Yu.</b> Results of analyzing the passport database 'Spring bread wheat landraces in the VIR collection' . . . . .	7
<b>Malyshev L. L., Chapurin V. F., Buravtseva T. V.</b> Exploring and collecting perennial forage and grain legume crop genetic diversity in Voronezh and Tambov provinces (Results of the collecting mission, 2016). . . . .	12
STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES	
<b>Abugalieva A. I., Maltseva L. T., Filippova E. A., Morgunov A. I., Zelensky Y. I., Peña J.</b> Genetic potential of quality in spring bread wheat cultivars bred at Kurgan agricultural research institute . . . . .	24
<b>Byadovsky I. A.</b> The effect of led light sources with varied spectral composition on the <i>in vitro</i> rooting bility of garden strawberry ( <i>Fragaria × ananassa</i> ) . . . . .	33
<b>Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V.</b> Agrobiological characteristics of hullless barley cultivars developed at Omsk agrarian Scientific Center . . . . .	38
COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS	
<b>Aniskov N. I., Safonova I. V., Horeva V. I.</b> Adaptive potential of winter rye cultivars developed at VIR in the context of their grain protein content in the environments of Leningrad province . . . . .	44
<b>Voytsutskaya N. P., Loskutov I. G.</b> Breeding value of european oat accessions in the environments of Kuban experiment station of VIR . . . . .	52
<b>Gurkina M. V.</b> Variability and correlations of economically valuable traits in cowpea from the VIR collection in the environments of Astrakhan provincer . . . . .	59
<b>Orlova S. Yu., Pavlov A. V., Verzhuk V. G.</b> Viability of pollen in sweet cherry ( <i>Cerasus avium</i> ) varieties of different ecogeographic origin in the Northwestern region of Russia . . . . .	66
GENETICS OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES	
<b>Lyzhin A. S., Lukyanchuk I. V., Zhanova E. V.</b> Polymorphism of the <i>Rca2</i> anthracnose resistance gene in strawberry cultivars ( <i>Fragaria × ananassa</i> ). . . . .	73
<b>Aleksandar Mikić, Vojislav Mihailović, Đura Karagić, Branko Milošević, Dragan Milić, Sanja Vasiljević, Snežana Katanski, Dalibor Živanov.</b> Common vetch ( <i>Vicia sativa</i> ) multi-podded mutants for enhanced commercial seed production . . . . .	78
<b>Shupletsova O. N., Shchennikova I. N.</b> Genetic sources for barley ( <i>Hordeum vulgare</i> ) breeding in the Volga-Vyatka region . . . . .	82
SYSTEMATICS, PHYLOGENY AND GEOGRAPHY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES	
<b>Anatov D. M.</b> Phenetic analysis of natural apricot populations in the Mountainous Dagestan for endocarp (stone) features . . . . .	89
<b>Voronova O. N., Gavrilova V. A.</b> Quantitative and qualitative analysis of sunflower pollen ( <i>Helianthus L.</i> ) and it's use in breeding work . . . . .	95
<b>Kumachova T. Kh., Voronkov A. S., Babosha A. V., Ryabchenko A. S.</b> Morphofunctional characteristics of leaves and fruits in Maloideae (Rosaceae): a. Microstructure of surface tissues . . . . .	105
SURVEYS	
<b>Fesenko A. N., Fesenko I. N.</b> Buckwheat breeding and production in russia during the past 100 years. . . . .	113
REVIEW	
<b>Vishnyakova M. A.</b> Book review of "Lexicon of Pulse Crops" by Aleksandar Mikić . . . . .	118

## СОДЕРЖАНИЕ

МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ	
<b>Зуев Е. В., Брыкова А. Н., Кудрявцева Е. Ю.</b> Результаты анализа паспортной базы данных «Местные сорта яровой мягкой пшеницы в коллекции ВИР» . . . . .	7
<b>Мальшев Л. Л., Чапурин В. Ф., Буравцева Т. В.</b> Мобилизация генетического разнообразия кормовых и зернобобовых культур Воронежской и Тамбовской областей (по результатам экспедиции 2016 г.) . . .	12
ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ	
<b>Абугалиева А. И., Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Моргунов А. И., Зеленский Ю. И., Пенья Х.</b> Генетический потенциал качества сортов яровой мягкой пшеницы селекции Курганского НИИСХ . . .	24
<b>Бьядовский И. А.</b> Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой ( <i>Fragaria × ananassa</i> ) <i>in vitro</i> . . . . .	33
<b>Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В.</b> Агробиологическая характеристика голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ. . . . .	38
КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ	
<b>Аниськов Н. И., Сафонова И. В., Хорева В. И.</b> Адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции вир по показателю «содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области . . . . .	44
<b>Войцукская Н. П., Лоскутов И. Г.</b> Селекционная ценность европейских образцов овса в условиях Кубанской Опытной Станции ВИР. . . . .	52
<b>Гуркина М. В.</b> Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков спаржевой вигны из коллекции ВИР в условиях Астраханской области . . . . .	59
<b>Орлова С. Ю., Павлов А. В., Вержук В. Г.</b> Жизнеспособность пыльцы сортов черешни ( <i>Cerasus avium</i> ) различного эколого-географического происхождения в условиях Северо-Западного региона России . . .	66
ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ	
<b>Лыжин А. С., Лукьянчук И. В., Жбанова Е. В.</b> Полиморфизм сортов земляники ( <i>Fragaria × ananassa</i> ) по гену устойчивости к антракнозу <i>Rca2</i> . . . . .	73
<b>Александр Микич, Войслав Михайлович, Джюра Карагич, Бранко Милошевич, Драган Милич, Санья Васильевич, Снежана Катански, Далибор Живанов</b> Многобобовые мутанты вики посевной ( <i>Vicia sativa</i> ) для передового коммерческого семеноводства . . . . .	78
<b>Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н.</b> Генетические источники селекции ячменя ( <i>Hordeum vulgare</i> ) в Волго-Вятском регионе . . . . .	82
СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ	
<b>Анатов Д. М.</b> Фенетический анализ природных популяций абрикоса Горного Дагестана по признакам эндокарпия (косточки) . . . . .	89
<b>Воронова О. Н., Гаврилова В. А.</b> Количественный и качественный анализ пыльцы подсолнечника ( <i>Helianthus L.</i> ) и его использование в селекционной работе . . . . .	95
<b>Кумахова Т. Х., Воронков А. С., Бабоша А. В., Рябченко А. С.</b> Морфофункциональная характеристика листьев и плодов <i>Maloideae</i> ( <i>Rosaceae</i> ): а. Микроструктура поверхностных тканей . . . . .	105
ОБЗОРЫ	
<b>Фесенко А. Н., Фесенко И. Н.</b> Развитие селекции и производства гречихи в России за 100 лет. . . . .	113
РЕЦЕНЗИИ, ОТЗЫВЫ	
<b>Вишнякова М. А.</b> Рецензия на книгу Александра Микича « <i>Lexicon of Pulse Crops</i> » . . . . .	118

# РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПАСПОРТНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «МЕСТНЫЕ СОРТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В КОЛЛЕКЦИИ ВИР»

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-7-11

УДК 633.11: 57.063.7: 004.658

Поступление/Received: 23.11.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

Е. В. ЗУЕВ, А. Н. БРЫКОВА, Е. Ю. КУДРЯВЦЕВА

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

RESULTS OF ANALYZING THE PASSPORT DATABASE  
'SPRING BREAD WHEAT LANDRACES  
IN THE VIR COLLECTION'

E. V. ZUEV, A. N. BRYKOVA, E. YU. KUDRYAVTSEVA

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

**Актуальность.** В последнее время среди ученых, работающих с генетическими ресурсами растений, наблюдается повышенный интерес к местным сортам. Институты организуют экспедиции по поиску оставшихся в производстве стародавних сортов. Внимание к местным сортам также связано с внедрением в ресурсосведение ГИС-технологий. Во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) собрана уникальная коллекция местных сортов яровой мягкой пшеницы. Создание и ведение паспортной базы данных по полям, специально подходящим для местных сортов, является приоритетной задачей института. **Анализ паспортной базы данных.** Приведен анализ паспортной базы данных «Местные сорта яровой мягкой пшеницы в коллекции ВИР». База данных включает информацию о 5925 образцах местных пшениц и заполняется по 36 полям. Приведены статистические данные по основным полям: происхождение, место сбора, разновидностный состав, год включения в коллекцию, откуда поступил образец, собиратель.

**Ключевые слова:** паспортная база данных, яровая мягкая пшеница, местный сорт, разновидность, происхождение

**Background.** Recently, an increased interest in crop landraces has been observed among scientists working with plant genetic resources (PGR). Institutes have been organizing collecting missions to explore old varieties still cultivated locally. Attention paid to landraces is also associated with the introduction of GIS technologies into PGR studies. The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) holds a unique collection of spring bread wheat landraces. One of the Institute's top priorities is to develop and maintain a passport database, using a set of fields specifically fit for landraces. **Analysis of the passport database.** The passport database 'Spring Bread Wheat Landraces in the VIR Collection' is analyzed here. The database contains information on 5,925 accessions and has 36 fields. Statistical data are presented for the main fields: origin, collection site, botanical variety, year of registration in the collection, donor institute or expedition, and collector's name.

**Key words:** passport database, spring bread wheat, landrace, botanical variety, origin

## Введение

Сборы культурных растений и их диких сороридей, проведенные Н. И. Вавиловым и его соратниками, положили начало уникальной коллекции, сосредоточенной во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР). В результате экспедиционного обследования в мировую коллекцию ВИР были привлечены местные сорта и популяции народной селекции, веками формировавшиеся на крестьянских полях. Сохранение стародавних сортов культурных растений имеет большое значение (Jagadat, 2013). Они часто уступают по урожайности современным сортам, но зато обладают чрезвычайно важными признаками и свойствами для селекции: зимостойкостью, высоким качеством зерна, засухоустойчивостью, непоражаемостью болезнями и вредителями (Asadulaev, Gaziev, 2013).

В последнее время среди ученых, работающих с генетическими ресурсами растений, наблюдается повышенный интерес к местным сортам. Крупные генбанки мира организуют экспедиции по поиску оставшихся в производстве стародавних сортов различных сельскохозяйственных культур, в том числе и мягкой пшеницы (Morgounov et al., 2016). Внимание к местным сортам также связано с внедрением в ресурсосведение ГИС-технологий. При наличии информации о месте сбора образца определяются географические координаты, и на компьютерную карту наносится точка. С помощью почвенных, климатических и других компьютерных

карт можно получить довольно полную информацию о месте произрастания стародавнего сорта. Используя эти данные, установив критерии отбора, можно выделить образцы, потенциально устойчивые к абиотическим факторам среды.

Начиная с 2000 г. в отделе ГР пшеницы ведутся работы по созданию оценочных и паспортных баз данных. В 2008 г. была создана первая версия паспортной базы данных «Местные сорта яровой мягкой пшеницы в коллекции ВИР». Были проанализированы документы, хранящиеся в отделе ГР пшеницы, группе интродукции ВИР и в Центральном государственном архиве научно-технической документации (ЦГАНТД, Санкт-Петербург), различные географические справочники, атласы и научные публикации; часть данных получена через Интернет. В результате для большинства стародавних сортов и популяций была введена следующая информация: место сбора (название населенного пункта или местности, высота над уровнем моря, географические координаты); даты проведения сборов; фамилии ученых, принимавших участие в экспедициях; сведения об учреждениях-донорах для образцов, полученных по выписке. Эти данные послужили материалом для монографии (Zuev, 2008). Однако за последние десять лет коллекция пополнилась 150 местными сортами яровой мягкой пшеницы, был продолжен поиск координат мест сбора. Было проведено уточнение «статуса образца»: некоторые образцы пере-

вели из местных сортов в селекционный материал и наоборот. Уточнены координаты мест сбора на основе данных с сайта <http://geonames.nga.mil/gns/html/namefiles.html>. В связи с новыми данными мы сочли необходимым представить информацию о состоянии коллекции местных сортов яровой мягкой пшеницы в коллекции ВИР на основе анализа последней версии паспортной базы данных.

#### Анализ паспортной базы данных «Местные сорта яровой мягкой пшеницы в коллекции ВИР»

База данных включает информацию о 5925 местных сортах яровой мягкой пшеницы и заполняется по 36 полям (табл. 1).

Ниже приводим анализ информации по основным полям БД.

**Происхождение местных образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР.** Местные сорта яровой мягкой пшеницы собраны в 79 странах мира. Широко представлены стародавние пшеницы из России (966 образцов), Индии (594), Таджикистана (525), Казахстана (488), Китая (429), Турции (350), Пакистана (332), Афганистана (276), Узбекистана (157), Армении (150), Монголии (132), Кыргызстана (101) и др. По группам стран (без России) образцы распределяются следующим образом: Европа – 581, Закавказье – 314, Малая Азия и Ближний Восток – 472, Центральная Азия – 2679,

**Таблица 1. Структура БД «Местные сорта яровой мягкой пшеницы в коллекции ВИР»**  
**Table 1. Structure of the database 'Spring Bread Wheat Landraces in the VIR Collection'**

№	Поле Бд		
	Название	Тип поля	Процент заполнения
1	Номер каталога ВИР	число	100
2	Номер интродукции ВИР	число	60
3	Название образца на русском	текст	28
4	Название образца на латинице	текст	28
5	Синоним названия образца	текст	12
6	Код разновидности	число	100
7	Разновидность	текст	100
8	Код страны происхождения, ISO	текст	100
9	Код страны происхождения (ВИР)	число	100
10	Страна происхождения (на русском)	текст	100
11	Провинция, область (на русском)	текст	94
12	Провинция, область (на английском)	текст	94
13	Код провинции, области (ВИР)	число	94
14	Место сбора (на русском)	текст	95
15	Место сбора (на английском)	текст	95
16	Дополнительная информация о месте сбора	текст	13
17	Источник сбора (код)	число	95
18	Высота над уровнем моря (оригинальные данные)	число	19
19	Высота над уровнем моря (GIS данные)	число	64
20	Долгота	текст	95
21	Широта	текст	95
22	Точность определения координат	число	95
23	Дата сбора	дата	64
24	Код страны донора (ISO)	текст	100
25	Код страны донора (ВИР)	число	100
26	Страна донор (русский)	текст	100
27	Откуда поступил образец (на русском)	текст	98
28	Откуда поступил образец (на английском)	текст	98
29	Экспедиционный номер	текст	31
30	Собиратель (на русском)	текст	84
31	Собиратель (на английском)	текст	84
32	Год включения в коллекцию	число	100
33	Статус образца	число	100
34	Тип развития	число	100
35	Номер каталога в других генбанках	текст	10
36	Номер каталога генбанка-донора	текст	12

Восточная и Юго-Восточная Азия – 594, Африка – 231, Северная и Центральная Америка – 36, Южная Америка – 44, Австралия – 3. Наибольшее число образцов собрано в Центрально-Азиатских странах, куда включены и бывшие республики СССР. Список стран, представленных в коллекции, в последнее время дополнился. Местные образцы пшеницы из Омана были получены от бывшей сотрудницы отдела А. А. Филатенко. Также по местам сбора выделены 3 образца из Бангладеш, которые до последнего времени числились как индийские.

**Разновидностный состав местных сортов.** В коллекции яровой мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) представлены 154 разновидности, описанные в «Культурной флоре СССР» (Dorofeev et al., 1979). Однако 56% местных сортов принадлежат к восьми самым распространенным разновидностям: *aestivum* (*erythrospermum* Koern.), *lutescens* (Alef.) Mansf., *ferrugineum* (Alef.) Mansf., *milturum* (Alef.) Mansf., *aureum* (Link) Mansf. (*albidum* Alef.), *albirubrum* (Koern.) Mansf., *graecum* (Koern.) Mansf., *erythroleucum* (Koern.) Mansf.

**Год включения в коллекцию.** Первые поступления 39 стародавних сортов яровой мягкой пшеницы в институт произошли в период с 1907 по 1916 г.

**Таблица 2. Этапы формирования коллекции местных сортов яровой мягкой пшеницы в ВИР**

**Table 2. Stages in building up the collection of spring bread wheat landraces at VIR**

Год поступления в коллекцию	Число образцов
1907–1916	39
1921–1929	1590
1930–1939	2045
1940–1949	448
1950–1959	536
1960–1969	391
1970–1979	607
1980–1989	105
1990–1999	23
после 2000	141

(табл. 2). Уникальность коллекции ВИР состоит в том, что большая ее часть была собрана до 1940 г. Только в 1930-е годы, благодаря многочисленным экспедициям Н. И. Вавилова и его соратников в различные страны мира, в постоянный каталог института были включены 2045 местных образцов яровой мягкой пшеницы. Второй пик поступления староместных пшениц в ВИР наблюдался с 1970 по 1979 г. В то время институт проводил активную экспедиционную деятельность, осуществлял обширную выписку материала из других генбанков мира. Однако в 1980–1990-е годы в отделе пшениц большинство местных сортов из-за наличия отрицательных агрономических характеристик не включались в основной каталог и списывались из временного. Начиная с 2000 г. в основной каталог включаются все местные сорта, независимо от результатов полевого изучения, если для них имеется полная информация – где, когда и кем собран образец. В результате в коллекции закаталогизирован 141 местный сорт яровой мягкой пшеницы.

**Места сборов.** Для местных яровых мягких пшениц из коллекции ВИР идентифицированы 2210 различных мест сбора. Имеются два варианта заполнения информации: на русском и английском языках. 1276

образцов представлены одним местом сбора. Однако имеются точки, где было собрано большое количество разных образцов: Мамлютский район Северо-Казахстанской области (Казахстан) – 95 образцов; сел. Лал Касар Вали, провинция Пенджаб (Пакистан) – 78 образцов; Булаевский район Северо-Казахстанской области (Казахстан) – 65 образцов. Подавляющее количество образцов было собрано в поле на корню – 5092 образца, 35 – в местах хранения, 19 – в местах обмолота, 1 – в парке, 156 – приобретены на рынках или магазинах, 354 – в селекционных и научных учреждениях.

**Точность определения координат.** Нами была разработана шкала точности определения координат. Очень высокая – конкретный населенный пункт или имеющиеся координаты GPS-навигатора; высокая – точность определения координат до 5–10 км; средняя – уровень района, точность определения координат от 11 до 50 км, координаты поставлены по населенному пункту, который является районным центром; низкая – уровень провинции, области, координаты поставлены по населенному пункту, который является центром провинции, области; очень низкая – известна только страна происхождения, координаты поставлены по столице государства. С очень высокой точностью определены координаты для 2578 образцов, со средней точностью – для 2093 образцов (табл. 3).

**Высота над уровнем моря.** По данным из книг

**Таблица 3. Точность определения координат мест сбора местных сортов яровой мягкой пшеницы**

**Table 3. Precision of locating spring bread wheat landrace collecting sites**

Точность определения координат	Число местных сортов
Очень высокая	2578
Высокая	233
Средняя	2093
Низкая	698
Очень низкая	2

регистрации основного каталога отдела ГР пшеницы, высота над уровнем моря для мест сбора местных сортов варьировала от 15 до 3820 м. В наивысшей точке – сел. Жикадзе (Китай, Тибет) – был собран образец к-41743. Информация по этому показателю имела только для 19% образцов. После определения координат мест сбора с использованием электронных карт рельефа высота над уровнем моря была определена уже для 64% сортов. Она варьировала от –242 (Израиль, между Иерусалимом и Эс-Салтом, к-17318) до 4159 м н. у. м. (Таджикистан, Горно-Бадахшанская АО, Шугнанский район, кишлак Сейдж, к-31353).

**Откуда поступил образец.** Данная позиция описывается полями: «Код страны-донора (ISO)», «Код страны-донора (ВИР)», «Страна-донор (на русском)», «Откуда поступил образец» (на русском), «Откуда поступил образец» (на английском). Образцы поступали из 78 стран мира. Доминируют поступления образцов из России – 1241, Таджикистана – 501, Казахстана – 479, Великобритании (из коллекции Артура Уоткинса) – 334, США – 287. Из научных учреждений в коллекцию ВИР поступило 2287 местных сортов яровой мягкой пшеницы. Экспедиционные сборы представлены 3552 образцами, из которых 3063 были собраны экспедициями ВИР.

**Собиратели.** За 110-летний период работы отдела ГР пшеницы ВИР в нем собрана уникальная коллекция местных сортов яровой мягкой пшеницы, в формировании которой ведущая роль, несомненно, принадлежит академику Н. И. Вавилову. В ВИР сохранился 431 местный образец яровой мягкой пшеницы, собранный или доставленный в институт лично великим ученым из 36 стран мира. Второе место принадлежит Артуру Уоткинсу, который в 20–30-х годах прошлого столетия, будучи преподавателем Кембриджского сельскохозяйственного университета, при поддержке английского министерства торговли собрал коллекцию пшеницы из 34 стран мира. Часть этой коллекции он передал в ВИР. Третье место занимает П. М. Жуковский, доста-

вивший в коллекцию института пшеницу из девяти стран, большинство сортов было собрано в Турции. Активно участвовали в формировании коллекции местной яровой мягкой пшеницы Р. А. Удачин, В. К. Кобелев, В. Е. Писарев, Д. Я. Прийма, А. Я. Френкель, Д. В. Тер-Аванесян, А. В. Пухальский, В. М. Берлянд-Кожевников. Е. В. Зуевым и А. Н. Брыковой из международного центра ИКАРДА (ICARDA) были доставлены местные пшеницы различного географического происхождения, из которых 94 образца уже включены в основной каталог ВИР (табл. 4). Всего в пополнении коллекции яровых местных сортов пшеницы приняли участие 305 ученых.

**Дублирование образцов в других генбанках мира.** В различных генбанках мира дублируются 1026 местных сортов из коллекции ВИР: в американском генбанке (Small Grain Collection, Aberdeen) – 294 местных сорта; в Германии (в основном в Гатерслебене, IPK, Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research) – 156 образцов; в международном центре ИКАРДА (ICARDA) – 101; в Центре генресурсов Нидерландов (Centre for Genetic Resources, Plant Research International, Wageningen, Netherlands) – 45; австралийском генбанке (AWCC) – 43; в других европейских генбанках – 67; в международном центре СИММИТ (СИММУТ) – 16; в Японии (генбанк в г. Цукуба) – 14.

**Таблица 4. Ученые, внесшие наибольший вклад в формирование коллекции местных образцов яровой мягкой пшеницы**

**Table 4. Scientists who made greatest contributions to the collection of spring bread wheat landraces held by VIR**

Ф.И.О. ученого	Число собранных/привезенных местных сортов, хранящихся в коллекции ВИР
Н. И. Вавилов	431
А. Е. Уоткинс	324
П. М. Жуковский	299
Р. А. Удачин	259
В. К. Кобелев	201
В. Е. Писарев	191
В. В. Маркович	154
Д. Я. Прийма	150
А. Я. Френкель, Н. А. Нечипоренко	140
Д. В. Тер-Аванесян	132
В. Ф. Дорофеев	120
В. М. Берлянд- Кожевников	106
А. В. Пухальский	105
И. Н. Савич	103
Е. В. Зуев, А. Н. Брыкова	94

#### Заключение

В отделе ГР пшеницы продолжается сбор информации о местных сортах яровой мягкой пшеницы. В настоящее время требует уточнения информация о месте сбора для 137 образцов (имеются сведения о населенном пункте, но не определены точные координаты). В ближайшее время коллекция будет пополнена образцами, собранными экспедициями ВИР в Таджикистане (2003, 2004, 2010, 2011), Армении (2005), Азербайджане (2004), Узбекистане (2009), Грузии (2012), Эфиопии (2012). Местные образцы из этих стран проходят полевое изучение на Дагестанской опытной станции ВИР – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова.

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

#### References/Литература

Asadulaev Z. M., Gaziev M. A. (2013) Genetic resources of local fruit-tree varieties in the mountains of Dagestan and the problem of their conservation. The role of botanical gardens in the study and conservation of genetic resources of the natural and cultivated vegetation (Geneticheskiye resursy mestnykh sortov plodovykh porod gornogo Dagestana i problema ikh sokhraneniya. Rol botanicheskikh sadov v izuchenii i sokhraneniі geneticheskikh resursov prirodnoy i kulturnoy flory). Proceedings of the All-Russian Scientific Conference in Makhachkala, October 1–5, 2013, Makhachkala, p. 10 [in Russian] (Асадулаев З. М., Газиев М. А. Генетические ресурсы местных сортов плодовых пород горного Дагестана и проблема их сохранения. Роль ботанических садов в изучении и сохранении генетических ресурсов природной и культурной флоры. Материалы Всероссийской научной конференции 1–5 октября 2013, г. Махачкала. Махачкала, 2013. С. 10).

Dorofeev V. F., Filatenko A. A., Migushova E. F. et al. (1979) Wheat (Pshenitsa). In: *Cultivated Flora of the USSR (Kulturnaya flora SSSR)*, Leningrad, pp. 230–268 [in Russian] (Дорофеев В. Ф., Филатенко А. А., Мигушова Э. Ф. и др. // В кн.: Культурная Флора СССР. Пшеница. Л., 1979. С. 230–268).

Jaradat A. A. (2013) Wheat Landraces: A mini review. *Emir. J. Food Agric.*, vol. 25(1), pp. 20–29. DOI: 10.9755/ejfa.v25i1.15376

Morgounov A., Keser M., Kan M., Kucukongar M., Ozdemir F., Dreisigaker S., Gummadov N., Muminjanov H., Sehgal D., Zuev E., Qualset C. (2016) Wheat landraces currently grown in Turkey: distribution, diversity and use. *Crop Science*, vol. 56, pp. 3112–3124.

Zuev E. V. (2008) Local spring bread wheats in the VIR global collection (Mestnye yarovye myagkiye pshenitsy v Mirovoy kollektzii VIR). St. Petersburg: VIR, 162 p. [in Russian] (Зуев Е. В. Местные яровые мягкие пшеницы в Мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 2008. 162 с.).

**Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities**

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Для цитирования/How to cite this article**

Зуев Е. В., Брыкова А. Н., Кудрявцева Е. Ю. Результаты анализа паспортной базы данных «Местные сорта яровой мягкой пшеницы в коллекции». Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 7-11. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-7-11

Zuev E. V., Brykova A. N., Kudryavtseva E. Yu. Results of analyzing the passport database 'Spring bread wheat landraces in the VIR collection'. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 7-11. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-7-11

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

**Дополнительная информация/Additional information**

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-7-11>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КОРМОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ВОРОНЕЖСКОЙ И ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ 2016 г.)

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-12-23

УДК 633.2:581.9:527.62

Поступление/Received: 17.01.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

Л. Л. МАЛЫШЕВ, В. Ф. ЧАПУРИН, Т. В. БУРАВЦЕВА

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

EXPLORING AND COLLECTING PERENNIAL FORAGE  
AND GRAIN LEGUME CROP GENETIC DIVERSITY IN  
VORONEZH AND TAMBOV PROVINCES  
(RESULTS OF THE COLLECTING MISSION, 2016)

L. L. MALYSHEV, V. F. CHAPURIN, T. V. BURAVTSEVA

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

Обследование растительности областей РФ является важным звеном в мобилизации генетических ресурсов. Виды и формы дикорастущих многолетних бобовых и злаковых кормовых культур обладают комплексной адаптивностью к местным условиям. Целью экспедиции ВИР в Воронежскую и Тамбовскую области в 2016 году было пополнение генофонда зернобобовых и многолетних кормовых культур образцами, представляющими интерес для селекции на кормовую и семенную продуктивность и устойчивость к лимитирующим факторам среды. В задачи экспедиции входило обследование территории и сбор семян дикорастущих многолетних кормовых и зернобобовых культур. Маршрут экспедиции и места сборов отмечены на карте. Географическими координатами и описанием местобитания зафиксировано 38 точек сбора. При обследовании четырнадцати районов Воронежской и двух районов Тамбовской областей было собрано 169 образцов; из них 140 – многолетних кормовых (33 вида) и 29 – зернобобовых (9 видов) культур. Выявлены наиболее часто встречающиеся виды: *Poa pratensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Medicago falcata* L., *Vicia angustifolia* L., *Lathyrus tuberosus* L. По всей территории Воронежской области в лугово-степных сообществах встречается *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. Интересны сборы *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. на северной границе его распространения; трех видов овсяницы низового типа (*Festuca rubra* L., *F. valesiaca* Gaudin., *F. pseudovina* Hack. ex Wiesb.; многолетней формы *Medicago lupulina* L.; образца лядвенца (*Lotus corniculatus* L.), обнаруженного на меловых обнажениях Калачской возвышенности; клевера лугового (*Trifolium pratense* L.), клевера золотистого (*T. aureum* Pollich.) и клевера земляничного (*T. fragiferum* L.) из долины реки Хопер; вики гороховидной (*Vicia pisiiformis* L.) в Калачевском районе и вики мохнатой (*V. villosa* Roth.) в Поворинском районе Воронежской области. Собранные экспедицией материалыполнили коллекцию ВИР и доступны для дальнейшего изучения и селекционного использования.

**Ключевые слова:** дикорастущие виды, экспедиция, образцы, кормовые и зернобобовые культуры, точки сбора, генофонд

Surveying vegetation in various areas within Russia is an important link to successful management of plant genetic resources. Species and forms of wild perennial legumes and forage grasses possess complex adaptability to local environments. The aim of VIR's collecting mission to Voronezh and Tambov Provinces in 2016 was to replenish the preserved genetic diversity of leguminous and perennial forage crops with samples of interest for breeding for fodder and seed productivity and resistance to limiting environmental factors. The task of the collecting mission was to explore the territory and collect seeds of wild perennial forage and leguminous plants. The exploration route and collecting sites are indicated on the map. Geographical coordinates and descriptions of habitats were recorded for 38 collecting sites. During the survey of fourteen districts in Voronezh Province and two districts in Tambov Province, 169 plant samples were collected, including 140 forage plant accessions (33 species) and 29 leguminous ones (9 species). The most frequently occurring species were identified: *Poa pratensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Medicago falcata* L., *Vicia angustifolia* L. and *Lathyrus tuberosus* L. Plants of *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. occur throughout Voronezh Province in meadow-steppe communities. Of interest are the samples of *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. collected on the northern border of its area of distribution; three species of lower-growing fescue (*Festuca rubra* L., *F. valesiaca* Gaudin. and *F. pseudovina* Hack. ex Wiesb.); a perennial form of *Medicago lupulina* L.; a sample of *Lotus corniculatus* L. found on chalky outcrops of the Kalach Hills; red (*Trifolium pratense* L.), golden (*T. aureum* Pollich.) and strawberry (*T. fragiferum* L.) clovers from the valley of the Khoper River; pisiform vetch (*Vicia pisiiformis* L.) from Kalach District and hairy vetch (*V. villosa* Roth) from Povorino District of Voronezh Province. The materials collected by the team were added to the holdings of VIR and are available for further study and use in breeding.

**Key words:** wild species, collecting mission, samples, perennial forage and leguminous crops, collecting sites, genetic diversity

## Введение

Воронежская область расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины. На западе области находится южная часть Среднерусской возвышенности с высотами 220–260 м н. у. м., здесь распространена густая овражно-балочная сеть; на юго-востоке – Калачская воз-

вышенность (высота до 234 м), на территории которой широко развиты суффозионные и карстовые явления, распространены овраги. Северо-восток Воронежской области занимает Окско-Донская равнина с высотами до 178 м.

Климат Воронежской области умеренно континентальный. Лето теплое, средние температуры июля +20, +21°C. Зима умеренно холодная, со средними температурами

января от  $-9$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ . Осадков за год выпадает от 500 до 550 мм, максимум приходится на теплый период. На юге области часты суховеи.

Главная река области – Дон. Правый берег Дона высокий, сложен меловыми отложениями и называется Донское Белогорье. Остальные реки относятся к бассейну Дона: левые притоки – Воронеж, Игорец, Битюг, Осередь – и правые – Водуга, Девица, Потудань, Тихая Сосна, Черная Калитва. На северо-востоке протекает река Хопер, которая впадает в Дон за пределами области.

По территории Воронежской области проходит граница двух природных зон – лесостепной и степной. Лесостепь занимает большую часть территории и представлена провинциями Среднерусской возвышенности и Окско-Донской равнины, располагающимися в подзонах типичной и южной лесостепи. Степная зона занимает юг Среднерусской и Калачской возвышенностей и представлена подзоной северной степи Нижнедонской провинции (Milkov et al., 1996). Важной характеристикой растительного покрова является дифференциация в системе водораздел – речная долина. Это характерно как для естественных биоценозов, так и для сельскохозяйственных земель.

Лесами занято около 8,4%, из них более 30% приходится на искусственные насаждения. Главными древесными фитоценозами являются дубравы с преобладанием дуба черешчатого с примесью липы мелколистной, клена остролистного, ясеня обыкновенного, вяза шершавого и гладкого; они занимают 49,7% от площади лесов. Сосняки (как правило, искусственного происхождения) занимают около 24% общей площади лесов и произрастают на песчаных террасах рек (Дон, Воронеж, Усмань, Битюг) и на меловых обнажениях, в естественном виде имеют примесь дуба, осины и березы. Осинники обычно располагаются на водоразделах Окско-Донской низменности и в поймах в виде рощ. Вторичные леса обычно березовые или осиновые. Характерными формациями пойм являются черноольшаники и тополевые рощи (Khmelev, 1995).

Целинных степных формаций на исследуемой территории не осталось. Имеются старозалежные земли, или участки степей в состоянии пастбищной дигрессии. В естественном состоянии здесь произрастали разнотравно-типчаково-ковыльные и злаковые степи – на Калачской возвышенности и юге Среднерусской возвышенности – и луговые, разнотравные и типчаково-ковыльные – на Окско-Донской низменности и севере Среднерусской возвышенности. К настоящему времени естественная растительность в значительной степени замещена агроценозами. Поля размещаются преимущественно на плакорных водораздельных участках, реже – на склонах и в поймах рек. Склоны и долины – главные сенокосные и пастбищные угодья.

В коллекции ВИР генетические ресурсы (ГР) зернобобовых и многолетних кормовых культур Воронежской области немногочисленны. Так, по кормовым культурам это 86 образцов (в основном костреч и донник). Образцы клевера, люцерны, верховых и низовых злаков практически отсутствуют. Поэтому *цель экспедиции* заключалась в пополнении генофонда многолетних кормовых и зернобобовых культур дикорастущими образцами для дальнейшего их использования в селекции на кормовую и семенную продуктивность и устойчивость к лимитирующим факторам среды.

#### Задачи экспедиции и методы сбора

Экспедиция ВИР по территории Воронежской области проходила с 23 июля по 26 августа 2016 года. В экспедиции приняли участие сотрудники отдела ГР многолетних кормовых и отдела ГР зернобобовых культур В. Ф. Чапурин, Л. Л. Малышев и Т. В. Буравцева. Исследование двух районов Тамбовской области проводили совместно с сотрудниками Екатеринбургской опытной станции ВИР Г. А. Гридневым и Г. В. Бельской.



**Рис. 1.** Маршрут экспедиции и точки сбора образцов (Воронежская и Тамбовская области, 2016 г.)

**Fig. 1.** Itinerary of the collecting mission and collecting sites (Voronezh and Tambov Provinces, 2016)

В задачи экспедиции входило обследование территории и сбор семян дикорастущих многолетних кормовых и зернобобовых культур. Расстояние между точками сбора составляло 15–20 км. Для каждой точки сбора в экспедиционном блокноте отмечалось местообитание и станция (долина реки, опушка леса, луг и т. п.), фиксировались географические координаты (широта, долгота и высота над уровнем моря). Маршрут экспедиции: Санкт-Петербург – Тверь – Владимир – Тамбов – Воронеж – Тамбов – Рязань – Владимир – Тверь – Санкт-Петербург. Сборы производились на участке маршрута: Екатериново – Воронеж – Острогожск – Павловск – Калач – Новохоперск – Борисоглебск – Бобров – Эртиль – Тамбов (рис. 1).

### Результаты экспедиции

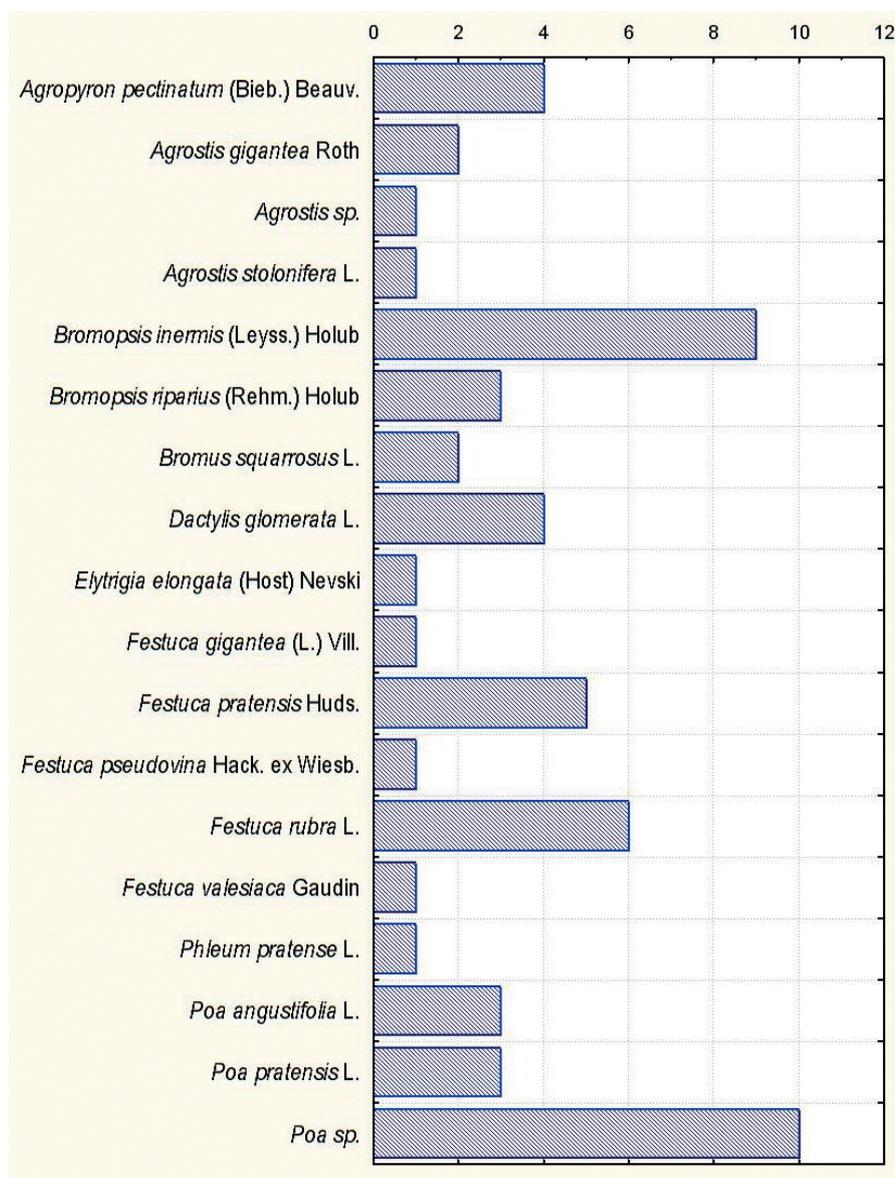
Были обследованы 14 районов Воронежской и 2 района Тамбовской области. Основная часть сборов сделана на остепненных лугах и луговых степях, а также под пологом дубрав, сосняков и березовых лесополос. Всего за пе-

риод экспедиции в 38 точках было собрано 169 образцов (9 – в совместной части экспедиции), в том числе: зернобобовых (вика, чина) – 29 (табл. 1); многолетних кормовых злаков (кострец, житняк, ежа, овсяница, тимофеевка и др.) – 58; многолетних кормовых бобовых (донник, клевер, люцерна, лядвенец, эспарцет) – 81 (табл. 2); овощных (дикий лук) – 1. Видовой состав сборов кормовых и зернобобовых растений обследованной территории довольно широк – собрано 9 видов зернобобовых и 33 вида многолетних кормовых культур.

### Многолетние кормовые злаки

Таксономический состав сборов многолетних кормовых злаков отражен на рисунке 2.

**Низовые злаки.** Образцы этой группы составляют основную часть сборов многолетних кормовых злаков. Большим количеством образцов представлены мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и другие виды мятлика. Собраны также три вида полевицы (*Agrostis* L.) и три вида овсяницы низо-



**Рис. 2.** Таксономический состав многолетних кормовых злаков, собранных в экспедиции по Воронежской и Тамбовской областям в 2016 г.

**Fig. 2.** Taxonomic composition of perennial forage grass accessions collected by VIR's team in Voronezh and Tambov Provinces in 2016

вого типа (*Festuca rubra* L., *F. valesiaca* Gaudin., *F. pseudovina* Hack. ex Wiesb.).

**Ксеромезофитные верховые злаки.** Вторая по численности сборов группа представлена двумя видами коостреца (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *B. riparius* (Rehm.) Holub), однолетними кострами (*Bromus* L.) и образцом пырея удлиненного (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski), собранного на территории Тамбовской области.

**Мезофильные верховые злаки.** Представлены в сборах образцами ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.), тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) и двумя видами овсяницы верхового типа (*Festuca pratensis* L., *F. gigantea* (L.) Vill.).

**Аридные верховые злаки.** По территории области проходит северная граница распространения житняка гребневидного (*Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv.). Собрано четыре образца.

#### Многолетние кормовые бобовые

Представлены в сборах образцами видов донника (*Melilotus* L.), люцерны (*Medicago* L.), клевера (*Trifolium* L.),

лядвенца (*Lotus* L.), эспарцета (*Onobrychis* Gaertn.) и астрагала (*Astragalus* L.) (рис. 3).

**Донник.** Образцы донника составляют основную часть сборов многолетних кормовых бобовых культур. Преобладает в сборах донник лекарственный (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.). Донник белый (*M. albus* Medik.) встречается редко и в основном на севере области.

**Люцерна.** Люцерна желтая (*Medicago falcata* L.) распространена по всей изученной территории. Найдена многолетняя форма люцерны хмелевидной (*M. lupulina* L.).

**Клевер.** Собраны образцы семи видов клевера. Представляют интерес образцы клевера лугового, золотистого и земляничного из долины р. Хопер.

**Лядвенец.** Один из образцов собран на меловых обнажениях на склонах Калачской возвышенности.

**Эспарцет.** Эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.) встречается в лугово-степных сообществах по всей территории области.

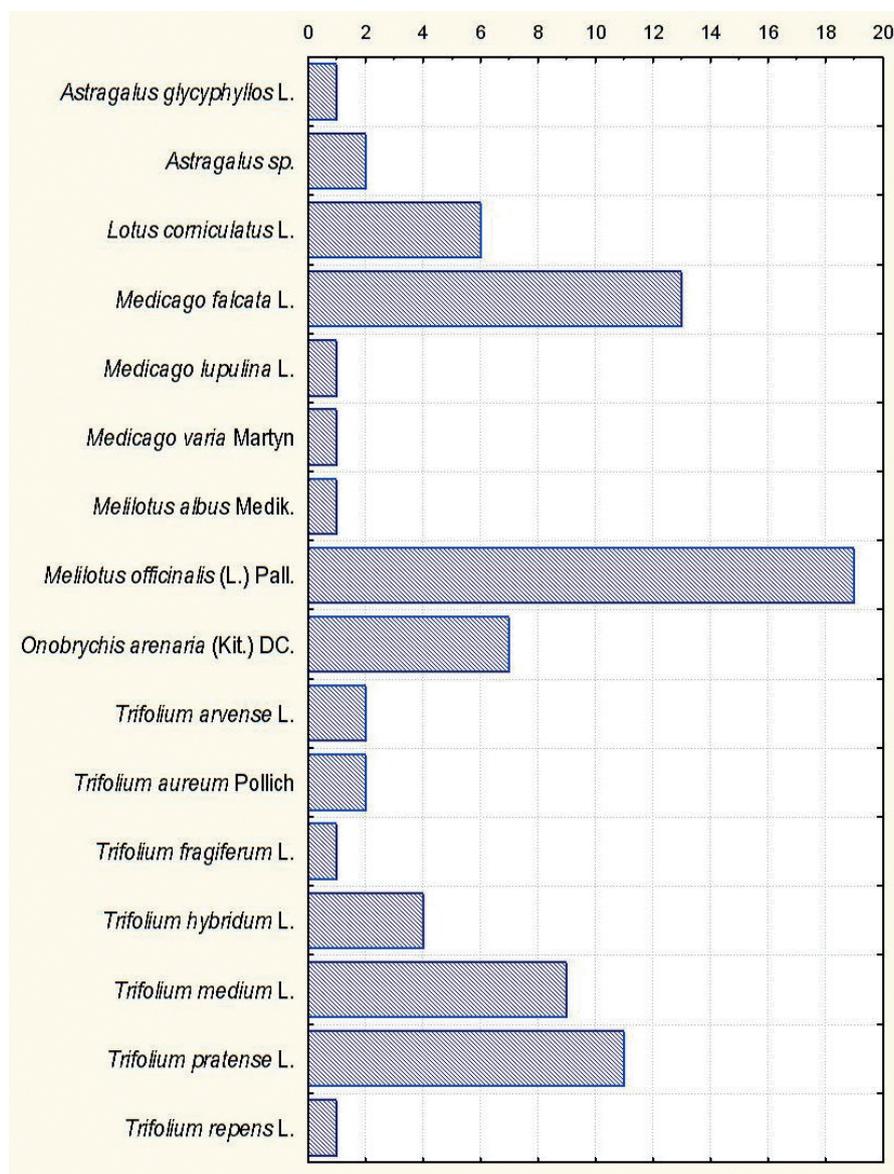


Рис. 3. Таксономический состав многолетних кормовых бобовых, собранных в экспедиции по Воронежской и Тамбовской областям в 2016 г.

Fig. 3. Taxonomic composition of perennial fodder legume accessions collected by VIR's team in Voronezh and Tambov Provinces in 2016

Таблица 1. Список образцов зернобобовых культур, собранных экспедицией по Воронежской и Тамбовской областям в 2016 г.  
Table 1. List of grain legume crop accessions collected by VIR's team in Voronezh and Tambov Provinces in 2016

№ п/п	№ обр.	№ сайта	Ботаническое название	Дата сбора	Местонахождение	Местообитание (биоценоз)
1	2	3	4	5	6	7
1	9	2	<i>Lathyrus pisiiformis</i> L.	31.07.16	Тамбовская обл., Никифоровский р-н, д. Екатеринаино	Злаково-разнотравный луг на террасе, преобладают ежа, подмаренник, цикорий
2	12	3	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard.	01.08.16	Воронежская обл., Эртильский р-н, д. Вязовка	Опушка лесополосы из дуба и березы, овсяница красная, мятлик, короставник
3	25	5	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard.	02.08.16	Воронежская обл., Эртильский р-н, д. Приобретенка	Мезофильный луг с вейником и зонтичными
4	26	5	<i>Lathyrus tuberosus</i> .	02.08.16	»	»
5	27	5	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray	02.08.16	»	»
6	37	8	<i>Vicia cracca</i> L.	04.08.16	Воронежская обл., Острогожский р-н, с. Солдатское	Ковыльно-красноовсянцевый луг
7	38	9	<i>Vicia cracca</i> L.	04.08.16	Воронежская обл., Острогожский р-н, х. Лобкин	Склон у озера, разнотравный луг с степными элементами (пырей удл., полынь, татарник)
8	49	10	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	04.08.16	Воронежская обл., Острогожский р-н, д. Таволжанка	Кострцовые заросли в кустарниках
9	50	10	<i>Vicia cracca</i> L.	04.08.16	»	»
10	53	11	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	04.08.16	Воронежская обл., Каменский р-н, х. Кодубец	Лесополоса (береза, акация, ясень)
11	57	13	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard.	05.08.16	Воронежская обл., Каменский р-н, д. Шумейки	Степной мятликово-красноовсянцевый луг с кустарниками на склоне балки
12	58	13	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	05.08.16	»	»
13	59	13	<i>Vicia cracca</i> L.	05.08.16	»	»
14	66	14	<i>Vicia cracca</i> L.	05.08.16	Воронежская обл., Подгорненский п. Подгорненский	Лесополоса из плодовых, мятлик
15	71	14	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	05.08.16	»	»
16	78	16	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	06.08.16	Воронежская обл., Павловский р-н, с. Елизаветовка	Под пологом лесополосы (ясень, тополь)
17	79	16	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard.	06.08.16	»	»
18	82	18	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	06.08.16	Воронежская обл., Калачевский р-н, с. Семеновка	Остепненный красноовсянцевый и пырейный луг с кустарниками
19	85	18	<i>Vicia pisiiformis</i> L.	06.08.16	»	»
20	91	21	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	07.08.16	Воронежская обл., Воробьевский р-н, х. Высокий	Овсянниково-пырейный луг на склоне
21	92	21	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	07.08.16	»	»
22	104	23	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	07.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, х. Камышановский	Мятликово-пырейный луг
23	105	23	<i>Vicia cracca</i> L.	07.08.16	»	»
24	121	27	<i>Vicia villosa</i> Roth.	09.08.16	Воронежская обл., Поворинский р-н, с. Октябрьское	Залежный луг (овсяница красная, келерия, мятлик) вдоль дубовой лесополосы
25	141	31	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	10.08.16	Воронежская обл., Грибановский р-н, с. Средний Карачан	По березовой лесополосе
26	145	32	<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	11.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, с. Новоржавец	Мелколесье и опушки леса с вейником в долине
27	146	32	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray	11.08.16	»	»
28	155	35	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	12.08.16	Воронежская обл., Бобровский р-н, х. Шестикурганский	Мезофильный пырейный луг мелколесьем лиственных пород
29	167	38	<i>Vicia cracca</i> L.	12.08.16	Воронежская обл., Аннинский р-н, п. Садовое	Дно балки и ее склоны, остепненные

Таблица 2. Список образцов многолетних кормовых культур, собранных экспедицией по Воронежской и Тамбовской областям в 2016 г.  
Table 2. List of perennial forage crop accessions collected by VIR's team in Voronezh and Tambov Provinces in 2016

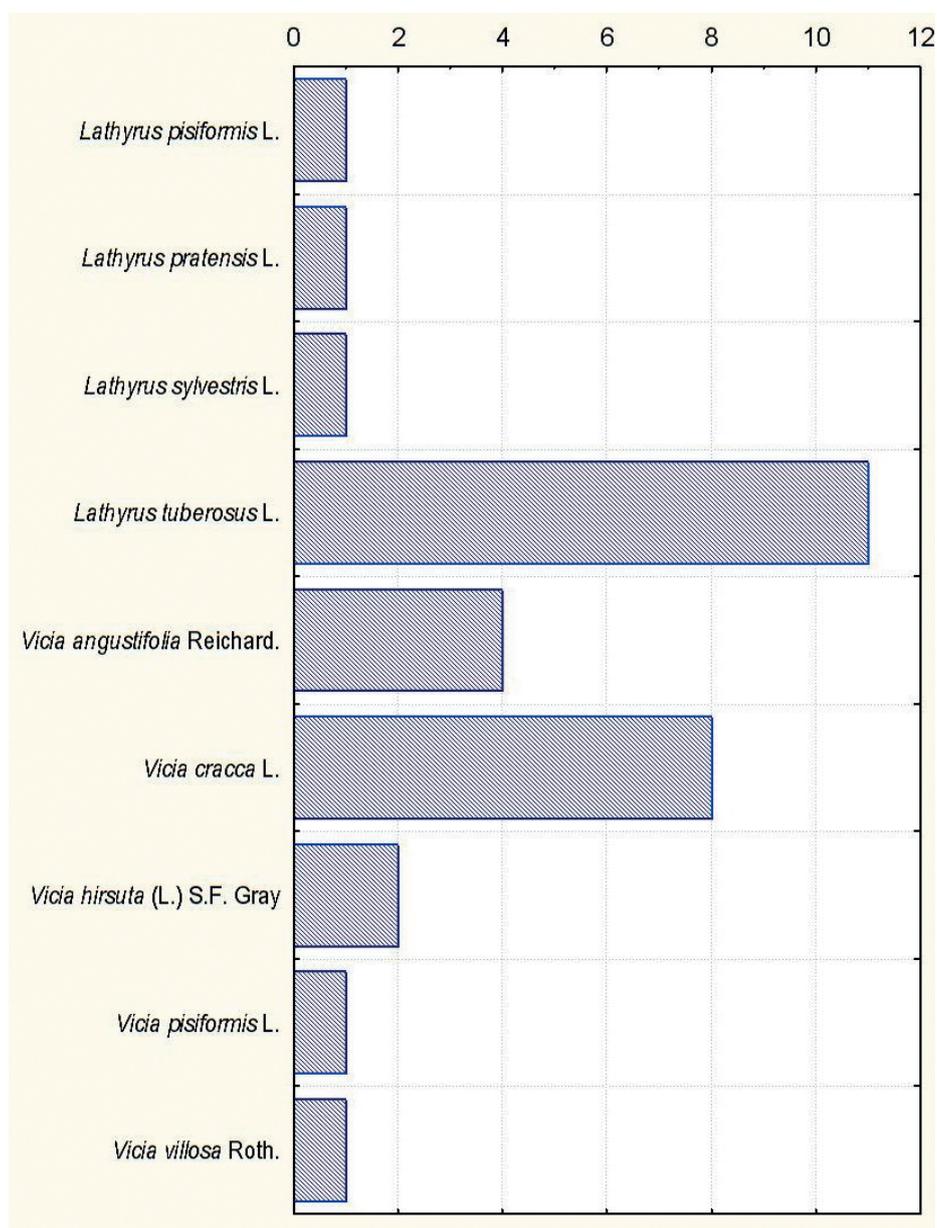
№ п/п	№ обр.	№ сайта	Ботаническое название	Дата сбора	Местонахождение	Местообитание (биоценоз)
1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	<i>Elytrigia elongata</i> (Host) Nevski	31.07.16	Тамбовская обл., Тамбовский р-н, д. Челнавы, Татарский Вал	Остепненный южный склон, заросли пырея ползучего
2	2	1	<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	31.07.16	»	»
3	3	1	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	31.07.16	»	»
4	4	1	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	31.07.16	»	»
5	5	1	<i>Dactylis glomerata</i> L.	31.07.16	»	»
6	6	1	<i>Poa</i> sp.	31.07.16	»	»
7	7	1	<i>Trifolium hybridum</i> L.	31.07.16	»	»
8	8	1	<i>Trifolium medium</i> L.	31.07.16	»	»
9	10	3	<i>Trifolium pratense</i> L.	01.08.16	Воронежская обл., Эргильский р-н, д. Вязовка	Опушка лесополосы из дуба и березы, овсяница красная, мятлик, короставник
10	13	3	<i>Trifolium medium</i> L.	01.08.16	»	»
11	14	3	<i>Bromopsis riparius</i> (Rehm.) Holub	01.08.16	»	»
12	15	3	<i>Medicago falcata</i> L.	01.08.16	»	»
13	16	3	<i>Poa</i> sp.	01.08.16	»	»
14	17	3	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	01.08.16	»	»
15	18	3	<i>Festuca rubra</i> L.	01.08.16	»	»
16	19	4	<i>Bromopsis riparius</i> (Rehm.) Holub	01.08.16	Воронежская обл., Эргильский р-н, д. Гнилуша	Березовая лесополоса с липой, мятлик, зонтичные
17	20	4	<i>Poa angustifolia</i> L.	01.08.16	»	»
18	21	5	<i>Poa angustifolia</i> L.	02.08.16	Воронежская обл., Эргильский р-н, д. Приобретенка	Остепненный луг с полынью, молочаем и ястребинкой
19	22	5	<i>Bromopsis riparius</i> (Rehm.) Holub	02.08.16	»	»
20	23	5	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	02.08.16	»	»
21	24	5	<i>Trifolium medium</i> L.	02.08.16	»	Мезофильный луг с вейником и зонтичными
22	28	6	<i>Trifolium pratense</i> L.	02.08.16	Воронежская обл., Панинский р-н, д. Михайловка 2-ая	Северный склон балки, мезофильный луг
23	29	6	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	02.08.16	»	»
24	30	6	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	02.08.16	»	»
25	31	6	<i>Medicago falcata</i> L.	02.08.16	»	»

№ п/п	№ обр.	№ сайта	Ботаническое название	Дата сбора	Местонахождение	Местообитание (биоценоз)
1	2	3	4	5	6	7
26	32	7	<i>Trifolium hybridum</i> L.	03.08.16	Воронежская обл., Хохольский р-н, с. Костенки, р. Дон	Остепненный красноовсянищевый луг с татарником. Система оврагов долины
27	33	7	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	03.08.16	»	»
28	34	7	<i>Medicago falcata</i> L.	03.08.16	»	»
29	35	8	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	04.08.16	Воронежская обл., Острогожский р-н, с. Солдагское	Ковыльно-красноовсянищевый луг
30	36	8	<i>Poa</i> sp.	04.08.16	»	»
31	39	9	<i>Medicago falcata</i> L.	04.08.16	Воронежская обл., Острогожский р-н, х. Лобкин,	Склон у озера, разнотравный луг с степными элементами (пырей удл., польнь, татарник)
32	40	9	<i>Phleum pratense</i> L.	04.08.16	»	»
33	41	9	<i>Festuca rubra</i> L.	04.08.16	»	»
34	42	9	<i>Poa</i> sp.	04.08.16	»	»
35	43	9	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	04.08.16	»	»
36	44	9	<i>Bromus squarrosus</i> L.	04.08.16	»	»
37	45	9	<i>Trifolium hybridum</i> L.	04.08.16	»	»
38	46	10	<i>Medicago falcata</i> L.	04.08.16	Воронежская обл., Острогожский р-н, д. Таволжанка	Кострцовые заросли в кустарниках
39	47	10	<i>Trifolium pratense</i> L.	04.08.16	»	»
40	48	10	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	04.08.16	»	»
41	51	10	<i>Astragalus</i> sp.	04.08.16	»	Склон холма, пырей, губоцветные
42	52	10	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	04.08.16	»	»
43	54	12	<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	04.08.16	Воронежская обл., Каменский р-н, п. Каменка	Лесополоса (дуб, ясень)
44	56	13	<i>Medicago falcata</i> L.	05.08.16	Воронежская обл., Каменский р-н, д. Шумейки	Степной мятликово-красноовсянищевый луг с кустарниками на склоне балки
45	60	13	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	05.08.16	»	»
46	61	13	<i>Trifolium pratense</i> L.	05.08.16	»	»
47	62	13	<i>Poa angustifolia</i> L.	05.08.16	»	»
48	63	13	<i>Festuca rubra</i> L.	05.08.16	»	»
49	64	13	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	05.08.16	»	»
50	65	14	<i>Bromus squarrosus</i> L.	05.08.16	Воронежская обл., Подгорненский р-н, п. Подгорненский	Лесополоса из плодовых, мятлики
51	67	14	<i>Trifolium pratense</i> L.	05.08.16	»	»
52	68	14	<i>Poa</i> sp.	05.08.16	»	»

№ п/п	№ обр.	№ сайта	Ботаническое название	Дата сбора	Местонахождение	Местообитание (биоценоз)
1	2	3	4	5	6	7
53	69	14	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	05.08.16	»	»
54	70	14	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	05.08.16	»	»
55	72	14	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	05.08.16	»	»
56	73	14	<i>Medicago lupulina</i> L.	05.08.16	»	»
57	74	15	<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.	05.08.16	Воронежская обл., Павловский р-н, п. Александровка Донская	Сосняк на песках
58	75	16	<i>Medicago falcata</i> L.	06.08.16	Воронежская обл., Павловский р-н, с. Елизаветовка	Под пологом лесополосы (ясень, тополь)
59	76	16	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	06.08.16	»	»
60	77	16	<i>Trifolium pratense</i> L.	06.08.16	»	»
61	80	16	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	06.08.16	»	»
62	81	17	<i>Lotus corniculatus</i> L.	06.08.16	Воронежская обл., Павловский р-н, х. Гаврильск	Склон балки, краснооясенищевый луг с люцерной, молочаем и ястребинкой
63	83	18	<i>Trifolium medium</i> L.	06.08.16	Воронежская обл., Калачевский р-н, с. Семеновка	Остепненный краснооясенищевый и пырейный луг с кустарниками
64	84	18	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	06.08.16	»	»
65	86	18	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	06.08.16	»	»
66	87	19	<i>Poa</i> sp.	06.08.16	Воронежская обл., Калачевский р-н, с. Новая Меловатка	Ковыльная степь
67	88	19	<i>Medicago falcata</i> L.	06.08.16	Воронежская обл., Калачевский р-н, с. Новая Меловатка	Меловые обнажения
68	89	19	<i>Lotus corniculatus</i> L.	06.08.16	»	»
69	90	20	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	07.08.16	Воронежская обл., Воробьевский р-н, д. Березовка	Пырейный мезофильный луг
70	93	21	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	07.08.16	Воронежская обл., Воробьевский р-н, х. Высокий	Овсяничево-пырейный луг на склоне
71	94	21	<i>Festuca rubra</i> L.	07.08.16	»	»
72	95	21	<i>Trifolium medium</i> L.	07.08.16	»	»
73	96	22	<i>Trifolium medium</i> L.	07.08.16	Воронежская обл., Воробьевский р-н, с. Банное,	Сухой краснооясеничево-келериевый луг
74	97	22	<i>Astragalus</i> sp.	07.08.16	»	»
75	98	22	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	07.08.16	»	»
76	99	22	<i>Medicago varia</i> Martyn	07.08.16	»	»
77	100	22	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	07.08.16	»	»
78	101	23	<i>Trifolium medium</i> L.	07.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, х. Камышановский	Мятликово-пырейный луг
79	102	23	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	07.08.16	»	»
80	103	23	<i>Poa pratensis</i> L.	07.08.16	»	»

№ п/п	№ обр.	№ сайта	Ботаническое название	Дата сбора	Местонахождение	Местообитание (биоценоз)
1	2	3	4	5	6	7
81	106	23	<i>Trifolium aureum</i> Pollich	07.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, х. Камышановский	Нижний пояс растительности балки
82	107	23	<i>Lotus corniculatus</i> L.	07.08.16	»	»
83	108	24	<i>Trifolium hybridum</i> L.	08.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, д. Пыховка	Остепненный луг, микропонижения с бобовыми и сложноцветными
84	109	24	<i>Trifolium pratense</i> L.	08.08.16	»	»
85	110	24	<i>Trifolium arvense</i> L.	08.08.16	»	»
86	111	24	<i>Lotus corniculatus</i> L.	08.08.16	»	»
87	112	24	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	08.08.16	»	»
88	113	24	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	08.08.16	»	»
89	114	24	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	08.08.16	»	»
90	115	25	<i>Medicago falcata</i> L.	08.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, д. Пыховка, р. Савала	Келериевый луг
91	116	25	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	08.08.16	»	»
92	117	25	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	08.08.16	»	»
93	118	25	<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.	08.08.16	»	»
94	119	26	<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.	08.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, х. Замельничный	Сосново-березовая лесополоса, покров из мятлики
95	120	27	<i>Poa</i> sp.	09.08.16	Воронежская обл., Поворинский р-н, с. Октябрьское	Залежный луг (овсяница красная, келерия, мятлики) вдоль дубовой лесополосы
96	122	27	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	09.08.16	»	»
97	123	27	<i>Festuca rubra</i> L.	09.08.16	»	»
98	124	27	<i>Trifolium arvense</i> L.	09.08.16	»	»
99	125	27	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	09.08.16	»	»
100	126	27	<i>Trifolium repens</i> L.	09.08.16	»	»
101	127	27	<i>Trifolium pratense</i> L.	09.08.16	»	»
102	128	28	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	10.08.16	Воронежская обл., Поворинский р-н, с. Ульяновка	Залежь с сорной растительностью
103	129	28	<i>Trifolium pratense</i> L.	10.08.16	»	»
104	130	28	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	10.08.16	»	»
105	131	29	<i>Festuca pseudovina</i> Hack. ex Wiesb.	10.08.16	Воронежская обл., Поворинский р-н, с. Подстепки	По окраине сосняка на песках
106	132	29	<i>Agrostis</i> sp.	10.08.16	»	»
107	133	29	<i>Poa</i> sp.	10.08.16	»	»
108	134	30	<i>Lotus corniculatus</i> L.	10.08.16	Воронежская обл., Грибановский р-н, п. Грибановский	Мезофильный луг у озера
109	135	30	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	10.08.16	»	»

№ п/п	№ обр.	№ сайта	Ботаническое название	Дата сбора	Местонахождение	Местообитание (биоценоз)
1	2	3	4	5	6	7
110	136	30	<i>Poa pratensis</i> L.	10.08.16	»	»
111	137	30	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	10.08.16	»	»
112	138	30	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	10.08.16	»	»
113	139	30	<i>Trifolium pratense</i> L.	10.08.16	»	»
114	140	30	<i>Trifolium fragiferum</i> L.	10.08.16	»	»
115	142	31	<i>Poa pratensis</i> L.	10.08.16	Воронежская обл., Грибановский р-н, с. Средний Карачан	По березовой лесополосе
116	143	32	<i>Lotus corniculatus</i> L.	11.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, с. Новоржавец, р. Хопер	Мелколесье и опушки леса с вейником в долине
117	144	32	<i>Trifolium medium</i> L.	11.08.16	»	»
118	147	32	<i>Trifolium aureum</i> Pollich	11.08.16	»	»
119	148	32	<i>Dactylis glomerata</i> L.	11.08.16	»	»
120	149	33	<i>Festuca rubra</i> L.	11.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, д. Некрылово	Келериевый луг с мелколесьем сосны
121	150	33	<i>Poa</i> sp.	11.08.16	»	»
122	151	33	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	11.08.16	»	»
123	152	34	<i>Medicago falcata</i> L.	11.08.16	Воронежская обл., Новохоперский р-н, с. Подосиновка	Ковыльно-красноовсянищевая степь
124	153	34	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	11.08.16	»	»
125	154	34	<i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.	11.08.16	»	»
126	156	35	<i>Trifolium medium</i> L.	12.08.16	Воронежская обл., Бобровский р-н, х. Шестикуранный	Мезофильный пырейный луг мелколесьем лиственных пород
127	157	35	<i>Dactylis glomerata</i> L.	12.08.16	»	»
128	158	35	<i>Medicago falcata</i> L.	12.08.16	»	»
129	159	36	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	12.08.16	Воронежская обл., Бобровский р-н, с. Коршево	Разнотравный луг у лиственного леса
130	160	36	<i>Dactylis glomerata</i> L.	12.08.16	»	»
131	161	36	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	12.08.16	»	»
132	162	37	<i>Trifolium pratense</i> L.	12.08.16	Воронежская обл., Бобровский р-н, д. Шишовка	Разнотравье по опушке лиственного леса
133	163	37	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	12.08.16	»	»
134	164	37	<i>Melilotus albus</i> Medik.	12.08.16	»	»
135	165	37	<i>Medicago falcata</i> L.	12.08.16	»	»
136	166	38	<i>Astragalus glycyphyllos</i> L.	12.08.16	Воронежская обл., Аннинский р-н, п. Садовое	Дно балки и ее склоны, остепненные
137	168	38	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	12.08.16	»	»
138	169	38	<i>Poa</i> sp.	12.08.16	»	»
139	170	38	<i>Medicago falcata</i> L.	12.08.16	»	»



**Рис. 4.** Таксономический состав зернобобовых культур, собранных в экспедиции по Воронежской и Тамбовской областям в 2016 г.

**Fig. 4.** Taxonomic composition of grain legume accessions collected by VIR's team in Voronezh and Tambov Provinces in 2016

#### Зернобобовые культуры

Бобовые луговые травы, собранные в экспедиции, представлены двумя родами: *Vicia* L. и *Lathyrus* L. По числу собранных образцов преобладают виды *Lathyrus tuberosus* L. и *Vicia cracca* L. (рис. 4). Однако следует отметить, что из рода *Vicia* наиболее распространенным и повсеместно встречающимся видом в Воронежской области является вика узколистная (*V. angustifolia* L.). Небольшое число собранных образцов вики узколистной объясняется ранним созреванием растений, сильной растрескиваемостью бобов и высыпанием семян.

**Чина.** Из трех многолетних видов, собранных в экспедиции, повсеместно произрастает чина клубненосная (*Lathyrus tuberosus*). На обследованной территории встречаются также чина лесная (*L. sylvestris* L.) и чина луговая (*L. pratensis* L.). На территории Тамбовской области совместно с сотрудниками Екатеринбургской опытной станции был собран образец вины гороховидной (*L. pisiformis* L.).

**Вика.** Довольно часто на территории Воронежской

области встречаются вика жестковолосистая (*Vicia hirsuta* (L.) S. F. Gray) и вика мышиная (*V. cracca* L.). Повсеместно произрастает сильно растрескивающийся вид вики узколистной (*V. angustifolia*). Интересны находки вики гороховидной (*V. pisiformis*) в Калачевском районе и вики мохнатой (*V. villosa* Roth.) в Поворинском районе Воронежской области.

#### Заключение

Экспедицией ВИР 2016 года проведено обследование Воронежской и двух районов Тамбовской области и собрано 169 образцов многолетних кормовых и зернобобовых культур. Таксономический состав сборов экспедиции – 9 видов зернобобовых и 33 вида многолетних кормовых культур. Коллекция ВИР пополнилась образцами многолетних кормовых злаков (низовые, ксеромезофитные, верховые мезофильные, аридные), многолетних кормовых бобовых (люцерна, клевер и др.) и зернобобовых культур (чина, вика). Выявлены как наиболее часто

встречающиеся виды (*Poa pratensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Lathyrus tuberosus* L. и др.), так и более редкие (*Festuca valesiaca* Gaudin., *F. pseudovina* Hack. ex Wiesb., *Vicia pisiformis* и др.). Собранные виды и формы дикорастущих многолетних бобовых и злаковых культур обладают комплексной адаптивностью к местным условиям и представляют интерес для селекции на кормовую и семенную продуктивность.

*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».*

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Малышев Л. Л., Чапурин В. Ф., Буравцева Т. В. Мобилизация генетического разнообразия кормовых и зернобобовых культур Воронежской и Тамбовской областей (по результатам экспедиции 2016 г.). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 12-23. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-12-23

Malyshev L. L., Chapurin V. F., Buravtseva T. V. Exploring and collecting perennial forage and grain legume crop genetic diversity in Voronezh and Tambov provinces (Results of the collecting mission, 2016). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 12-23. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-12-23

#### References/Литература

- Khmelev K. F.* (1995) Plant resources and their protection (Rastitelnye resursy i ikh okhrana). In: Natural Resources of Voronezh Province, Their Regeneration, Monitoring and Protection (Prirodnye resursy Voronezhskoy oblasti, ikh vosproizvodstvo, monitoring i okhrana). Voronezh: Petrovsky Skver, pp. 102–104 [in Russian] (*Хмелев К. Ф.* Растительные ресурсы и их охрана // В кн.: Природные ресурсы Воронежской области, их воспроизводство, мониторинг и охрана. Воронеж: Петровский сквер, 1995. С. 102–104).
- Milkov F. N., Fedotov V. I., Akhtyrtsev A. B.* (1996) Ecogeographic districts of Voronezh Province (Ekologo-geograficheskiye rayony Voronezhskoy oblasti). Voronezh: VGU, 216 p. [in Russian] (*Мильков Ф. Н., Федотов В. И., Ахтырцев А. Б.* Эколого-географические районы Воронежской области. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. 216 с.).

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-12-23>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КАЧЕСТВА СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ КУРГАНСКОГО НИИСХ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-24-32

УДК 633.11.631.526:631.5

Поступление/Received: 18.11.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

А. И. АБУГАЛИЕВА<sup>1</sup>, Л. Т. МАЛЬЦЕВА<sup>2</sup>,  
Е. А. ФИЛИПОВА<sup>2</sup>, А. И. МОРГУНОВ<sup>3</sup>,  
Ю. И. ЗЕЛЕНСКИЙ<sup>3</sup>, Х. ПЕНЬЯ<sup>3</sup>

GENETIC POTENTIAL OF QUALITY IN SPRING BREAD  
WHEAT CULTIVARS BRED AT KURGAN AGRICULTURAL  
RESEARCH INSTITUTE

A. I. ABUGALIEVA<sup>1</sup>, L. T. MALTSEVA<sup>2</sup>,  
E. A. FILIPPOVA<sup>2</sup>, A. I. MORGUNOV<sup>3</sup>,  
Y. I. ZELENSKY<sup>3</sup>, J. PEÑA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Казахский НИИ земледелия и растениеводства,  
040909 Республика Казахстан, Алматинская обл.,  
Карасайский р-н, п. Алмалыбак, ул. Ерлепесова, 1;  
✉ kazniizr@mail.ru

<sup>2</sup> Уральский федеральный аграрный научно-  
исследовательский центр Уральского отделения РАН,  
620142 Россия, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112;  
✉ ainfo@urnivi.ru

<sup>3</sup> Представительство CIMMYT в Турции, Анкара;  
✉ a.morgounov@cgiar.org

<sup>1</sup> Kazakh Research Institute of Agriculture and Crop Production,  
1 Erlepesova St., Almalybak, Karasay Distrist,  
Almaty Region 040909, Republic of Kazakhstan;  
✉ kazniizr@mail.ru

<sup>2</sup> Ural Federal Agricultural Research Center,  
Ural Branch of the RAS,  
112 Belinskogo St., Yekaterinburg 620142, Russia;  
✉ ainfo@urnivi.ru

<sup>3</sup> CIMMYT Representative Office in Turkey, Ankara;  
✉ a.morgounov@cgiar.org

**Актуальность.** Для Зауралья, отличающегося нестабильностью климатических факторов по годам (засуха, перемежающаяся с избыточным увлажнением, весенние возвраты холодов, возможность ранних заморозков), большое значение имеет качество зерна как генетический признак возделываемых сортов мягкой яровой пшеницы. В Курганской области за период с 1994 г. доля пшеницы 3-го класса составляла от 43 до 96%, опускаясь в последние неблагоприятные годы (2015–2017) на фоне эпифитотии ржавчинных болезней до 11–27%. Цель исследования: охарактеризовать генетический потенциал качества зерна и его фенотипическую реализацию в перспективных и районированных сортах селекции Курганского НИИСХ. **Материалы и методы.** Для оценки качества зерна различных по срокам созревания 14 сортов селекции Курганского НИИСХ использованы возможности Региональной сети сотрудничества КАСИБ 4–13 (Казахстанско-Сибирская сеть по улучшению пшеницы) под эгидой СИММИТ, представленной 17 селекционными учреждениями Казахстана и Сибири. Исследования включали оценку качества с учетом стандартов РК, СНГ, ведущих стран-экспортеров, сочетая локальный и международный уровень, а также генетический, биохимический и технологический уровень качества зерна в разных почвенно-климатических условиях. **Результаты и обсуждение.** В целом сорта характеризуются достаточным для сильной и ценной пшеницы содержанием протеина, клейковины и уровня стекловидности. Уровень отбора твердозерных и среднетвердозерных форм – 92%, высокопротеиновых, высококлейковинных – до 94% и с отсутствием 1B/1R пшенично-ржаной транслокации – до 57% всех генотипов. По показателю седиментации прогнозируется 86% генотипов класса «сильная и ценная»; по составу ВМС глютеина, смешительной ценности, качеству клейковины и силе муки (W) выявлено 30–42% высококачественных генотипов. Принцип углубленного изучения качества зерна в экологической сети КАСИБ позволил выявить неоднородность сортов по нескольким генетическим и биохимическим показателям, предоставил возможность отбора высококачественных генотипов по маркерным признакам и технологическим свойствам, что позволяет повысить эффективность внутрисортного отбора для улучшения общей оценки качества сорта.

**Ключевые слова:** качество зерна, сорта, КАСИБ, протеин, глютеин, клейковина, генотип, лебопекарные качества муки

**Background.** For the Trans-Urals, characterized by unstable climate over the years (alternating droughty and excessively moist years, recurrences of colds in spring, possibility of early frosts, etc.), grain quality is a prioritized genetic trait in spring bread wheat cultivars. In Kurgan Province, the share of third-class wheat varied since 1994 from 43% to 96%; only in the recent unfavorable years (2015–2017) it dropped to 11–27% due to rust epidemics. The aim of the study was to characterize the genetic potential of grain quality and its phenotypic implementation in promising cultivars bred at Kurgan Agricultural Research Institute and officially released for cultivation in the region. **Materials and methods.** The capacities of the KASIB4–13 (Kazakhstan–Siberia Wheat Improvement Network under the auspices of CIMMYT) represented by 17 breeding centers in Kazakhstan and Siberia were used to assess grain quality of 14 cultivars with different maturation time bred at Kurgan Agricultural Research Institute. Quality assessment was performed with due regard to the standards of Kazakhstan, CIS, and leading exporting countries, thus combining local and international levels, and employing genetic, biochemical and technological grain quality levels under different soil and climate conditions. **Results and discussion.** Generally, all cultivars demonstrated protein and gluten content and the level of vitreousness sufficient for strong and valuable wheat. The selected percentage was 92% for hard grain and medium hard grain wheat forms, up to 94% for high-protein and high-gluten ones, and up to 57% for genotypes without 1B/1R wheat/rye translocation. In terms of sedimentation, 86% of the genotypes were predicted to belong to the strong and valuable wheat class; according to the composition of HMW glutenin subunits, mixing quality and flour strength (W), 30–42% were identified as high-quality genotypes. The in-depth study of grain quality within the KASIB environmental network revealed heterogeneity among cultivars in a number of genetic and biochemical parameters and provided an opportunity to select high-quality genotypes by marker characteristics and technological properties, which is likely to improve the efficiency of intra-cultivar selection and overall quality assessment of cultivars.

**Key words:** grain quality, cultivars, KASIB, glutenin, protein, gluten, genotype, flour baking qualities

## Введение

Для Зауралья, отличающегося нестабильностью климатических факторов по годам (засуха, перемежающаяся с избыточным увлажнением, весенние возвраты холодов, возможность ранних заморозков), большое значение имеет качество зерна как генетический признак возделываемых сортов мягкой яровой пшеницы. В Курганской области в большей части лет за период с 1994 г. доля пшеницы 3-го класса составляла от 43 до 96 %, опускаясь в последние неблагоприятные годы (2015-2017) на фоне эпифитотии ржавчинных болезней до 11-27 % (Volynkina, 2018).

Неоднозначность взаимодействия урожайности и качественных показателей зерна в разных условиях диктует необходимость иметь в производстве разноплановые сорта по периоду вегетации, по технологическому использованию получаемой продукции (Filipova et al., 2011). Как правило, наибольшее практическое применение в производстве имеют сорта, созданные в местных условиях, как наиболее пластичные, прошедшие оценку и отбор в условиях своего региона. В селекционном процессе для оценки сортов используется более 30 показателей – физических, физиологических, биохимических, характеризующих особенности использования зерна (Filipova et al., 2017). Возможность широкого экологического испытания, предоставляемая программой КАСИБ, позволяет в более краткие сроки получить необходимую информацию по основным хозяйственно-биологическим показателям (урожайность, качество, устойчивость к болезням) новых сортов.

*Цель исследования:* охарактеризовать генетический потенциал качества зерна и его фенотипическую реализацию в перспективных и районированных сортах селекции Курганского НИИСХ.

## Материал и методы исследований

Для оценки качества зерна различных по вегетации местных сортов использованы возможности Региональной сети сотрудничества КАСИБ 4–13 (Казахстанско-Сибирская сеть по улучшению пшеницы) под эгидой СИММИТ, представленной 17 селекционными учреждениями Казахстана и Сибири. Результаты по урожайности, устойчивости к болезням и по качеству зерна образцов из всех точек обобщены СИММИТ–ЦАЗ (Abugaliev, Watts et al., 2008; Abugaliev et al., 2010). Индекс твердозерности определяли на приборе SKCS4100 при одновременном анализе диаметра, массы и влажности зерна, а также на ИК-основе (Abugaliev, 2009). Показатель седиментации муки оценивали по коэффициенту набухания в 2-процентной уксусной кислоте. Компонентный состав глиадина и состав субъединиц глютеина определяли по Ю. В. Перуанскому с соавторами (Peruansky et al., 1996). Содержание клейковины и ее качество определяли согласно ИСО 7495, 1990 и ГОСТ 13586.1-68; физические свойства муки и теста – по данным приборов Alveolink (Chopin) – ГОСТ 28795-90 и фаринографа (Brabender). Хлебопекарная оценка осуществлена по данным выпечки безопарным методом.

Исследования включали оценку качества с учетом стандартов РК, СНГ, ведущих стран-экспортеров, сочетая локальный и международный уровень, а также генетический, биохимический и технологический уровень качества зерна в разных почвенно-климатических условиях.

В сети КАСИБ 4–13 изучены технологические показатели зерна 14 сортов яровой мягкой пшеницы селекции

Курганского НИИСХ, выращенных в различных точках Казахстана и Сибири в течение двух лет (Актюбинская СХОС, Карабалыкская СХОС, Карагандинский НИИСИР, Павлодарский НИИСХ, ТОО «Фитон» в Костанайской обл.; Восточно-Казахстанский НИИСХ (ВКО) и Шортандинский ГСУ в г. Акмола).

## Результаты и обсуждение

Все сорта селекции Курганского НИИСХ отнесены к среднетвердозерным и твердозерным, т.е. хлебопекарного типа использования (табл. 1); лишь сорт 'Курганская 5' отмечен как смесь и полумягкозерный.

Образцы проанализированы в сравнении со стандартами внутри блоков по составу высокомолекулярных субъединиц (ВМС) и низкомолекулярных единиц (НМС) глютеина, а также наличием 1В/1R пшенично-ржаной транслокации. Изучаемые образцы идентифицированы шестью формулами по составу ВМС глютеина, исходя из разнообразия субъединиц Glu-A1-0, 1, 2\*; 7+8 и 7+9 по Glu-B 1; 5+10 и 2+12 по Glu-D 1 (табл. 2).

Снижение качества обуславливается нулевой аллелью Glu-A1 для сортов 'Мальцевская 110' и 'Альфа 79', «2+12» по Glu-D 1 для сорта 'Радуга' до 7 баллов, сортов 'А-125', 'Зауралочка', 'Терция', 'САД-114' – до 8 баллов по шкале Раупе. Прогнозное снижение качества для сорта 'Радуга' до 7 баллов сопровождается наличием 1В/1R – пшенично-ржаной транслокации, влияющей на качество. Два генотипа трудно идентифицируемы по составу глютеина, т.к. представлены смесью по Glu-D 1 5+10/2+12 – 'Арка'; по всем хромосомам – 'Ария'.

Таким образом, потенциал качества сортов по ВМС глютеина варьирует от 7 до 9 баллов. Снижение по 1А хромосоме прогнозируемо по нулевой аллели для сортов 'Мальцевская 110' и 'Альфа 79'; по 1D – для 9 образцов характерной для них субъединицей «2+12», по 1В/1R транслокации – для сорта 'Радуга'.

Содержание белка является контрольным в реализации генетического потенциала и в значительной степени зависит от условий выращивания (Mitrofanova, Khakimova, 2016). Специфика различного качества сортов заключена в информации о белке, его количестве и качестве (табл. 3). Каждый класс качества имеет свою цену: например, на рынке Европы при экспорте высокопротеиновой пшеницы > 15 %, т.е. +1 % к базовому, выплачивается дополнительная премия.

Для определения типа технологического использования зерна сорта описаны по экспериментальным данным класса твердозерности, содержанию протеина по стандартам СНГ и США, упругости теста на основе качества клейковины (табл. 4).

Показатель седиментации для сортов варьирует от 28 ('А-125') до 92-94 мл ('САД-114' и 'Альфа 79'). В целом высокая доля образцов с уровнем седиментации 1 и 2 класса. Генотипы 'САД-114', 'А-125' относятся к классу «сильная» (70-66 %) с прогнозируемым высоким качеством (8 баллов) по шкале Раупе. Высокий прогнозный балл качества (9 баллов) по составу ВМС глютеина для сортов 'Фора', 'САД-101', 'ВК-1', 'П-40' эффективен лишь для 18-50 % в отдельных регионах и репродукциях (табл. 5).

По составу ВМС глютеина образцы 'Мальцевская 110', 'Радуга' и 'Альфа 79' прогнозируются как относительно низкоккачественные (7 баллов). Для 'Радуги' это подтверждено классом «слабая» по седиментации для 67 % образцов. Сорт 'Курганская 5', как смесь по составу ВМС глютеина, представлен сочетанием классов: «сильная» (11 %), «ценная» (33 %) и «слабая» (56 %).

По содержанию клейковины все сорта селекции Курганского НИИСХ отнесены в основном к классу «сильная + ценная» (табл. 6), за исключением регионов Павлодар и ТОО «Фитон».

По качеству клейковины сорта относятся к классам «филлер» и «слабая». Самая высокая доля низкокачественных генотипов класса «слабая» формировалась в регионе ВКО, Карабалык и Павлодар: 60-100, 90 и 73-80 % соответ-

ственно (рисунок). В регионах Актюбинск, Караганда и ТОО «Фитон» отмечена самая высокая доля высококачественных генотипов класса «сильная» и «ценная» (50-67, 37-53 и 67-83 % соответственно).

Сорта 'А-125', 'Курганская 5' и 'Мальцевская 110' характеризуются качеством клейковины класса «сильная» и «ценная» до 66 и 78 % (табл. 7).

**Таблица 1. Характеристика сортов яровой мягкой пшеницы по твердозерности в питомниках КАСИБ 4–13**

**Table 1. Characteristics of spring bread wheat cultivars according to their grain hardness in the nurseries of KASIB 4–13**

Сорт	КАСИБ, №	Индекс твердозерности		Класс
Ария	КАСИБ 4–5	72–83	71–91	твердозерная
Терция	»	85–100	80–109	твердозерная
Фора	»	59–74	57–93	среднетвердозерная, смесь
Курганская 5	»	49–84	46–68	полумягкозерная, смесь
Мальцевская 110	КАСИБ 6–7	59–76	62–71	среднетвердозерная
Радуга (ОК-1)	»	59–85	69–80	среднетвердозерная
А-125	»	52–103	69–104	среднетвердозерная
САД-101	»	70–100	68–102	твердозерная
САД-114	»	70–97	82–114	твердозерная
Альфа-79	КАСИБ 10–11	63–102	–	среднетвердозерная
ВК-1	»	62–88	–	среднетвердозерная
Зауралочка	КАСИБ 12–13	80–98	80	твердозерная
Арка (П-89А)	»	86–102	89	твердозерная
П-40	»	76–99	90	твердозерная

**Таблица 2. Характеристика сортов яровой мягкой пшеницы по составу ВМС и НМС глютенина и 1В/1R пшенично-ржаной транслокации**

**Table 2. Characteristics of spring bread wheat cultivars according to their HMW and LMW glutenin subunits and 1B/1R wheat/rye translocation**

Сорт	Класс качества Рауне, балл	Глютенин, ВМС			Глютенин, НМС			Статус
		1А	1В	1D	а	б	с	
Ария	10/7	1/2*	7+8/7+9	2+12/5+10	е	g		1В/1В
Терция	8	2*	7+8	2+12	е	g		1В/1В
Терция	8	2*	7+8	2+12	е	е	а	1В/1В
Фора	9	2*	7+9	5+10				
Курганская 5	10/7	2*	17+18/7+9	5+10/2+12	d/e/c	b/g	a/b	1В/1В
Мальцевская 110	7	0	7+9	5+10	с	с	б	1В/1В
Радуга	7	2*	7+9	2+12	е	j	б	1В/1R
А-125	8	1	7+8	2+12	с	е	а	1В/1В
САД-101	9	1	7+9	5+10	е	е	а	1В/1В
САД-114	8	2*	7+8	2+12	е	е	а	1В/1В
Альфа 79	7	0	7+9	5+10	с	с	а	1В/1В
ВК-1	9	2*	7+9	5+10	е	е	а	1В/1В
Зауралочка	8	1	7+8	2+12	е	е	а	1В/1В
Арка	9/7	2*	7+9	5+10/2+12	с	е	с	1В/1В
П-40	7	2*	7+9	5+10	е	е	с	1В/1В

**Таблица 3. Требования к показателям качества зерна пшеницы для различного использования**

**Table 3. Quality requirements for different uses of wheat grain**

Производство продукта	Содержание протеина в зерне	Твердозерность	Упругость теста
Хлеб: пан	> 13%	твердозерная	сильная
Плоский	11–13%	твердозерная	средняя
Стимед – Северный Китай	10–13%	твердозерная	средняя/сильная
Паровой – Южный Китай	10–12%	твердозерная	средняя
Лапша	10–14%	твердозерная	средняя
Белая белая	10–12%	средняя / мягкая	средняя
Instant noodles	11–12%	смесь	средняя
Кондитерские кексы	8–10%	мягкозерная	слабая
Крахмал/клейковина	> 13%	твердозерная	сильная
Макароны	> 13%	очень твердая ( <i>T. durum</i> )	

**Таблица 4. Классификация сортов яровой мягкой пшеницы по стандартам СНГ и США (КАСИБ 4–13)**

**Table 4. Protein content in spring bread wheat cultivars according to the CIS and the U.S. standards (KASIB 4–13)**

Сорт	Твердозерность	Содержание протеина по стандартам, %				Упругость теста
		СНГ		США		
		min	max	min	max	
Ария	твердозерная	13,0	18,4	11,2	15,2	средняя
Терция	твердозерная	12,3	18,6	10,6	15,4	средняя
Фора	твердозерная	14,2	18,0	12,2	14,9	средняя
Мальцевская 110	среднетвердозерная	13,6	18,3	11,7	15,1	сильная
Радуга	твердозерная	12,6	17,1	10,9	14,3	сильная/средняя
А-125	среднетвердозерная	11,2	18,2	9,7	15,0	сильная
САД-101	твердозерная	11,9	18,7	10,3	15,5	средняя
САД-114	твердозерная	12,7	18,6	11,0	15,4	средняя
Альфа 79	среднетвердозерная	13,4	17,1	11,5	14,5	средняя
ВК-1	среднетвердозерная	11,5	18,2	10,3	15,2	средняя
Зауралочка	твердозерная	14,1	17,5	12,1	14,5	средняя
Арка	твердозерная	12,7	17,0	10,9	13,7	средняя
П-40	твердозерная	13,0	17,7	11,3	14,7	средняя/сильная

**Таблица 5.** Характеристика генотипов яровой мягкой пшеницы в сети КАСИБ 4–13 по классам седиментации муки

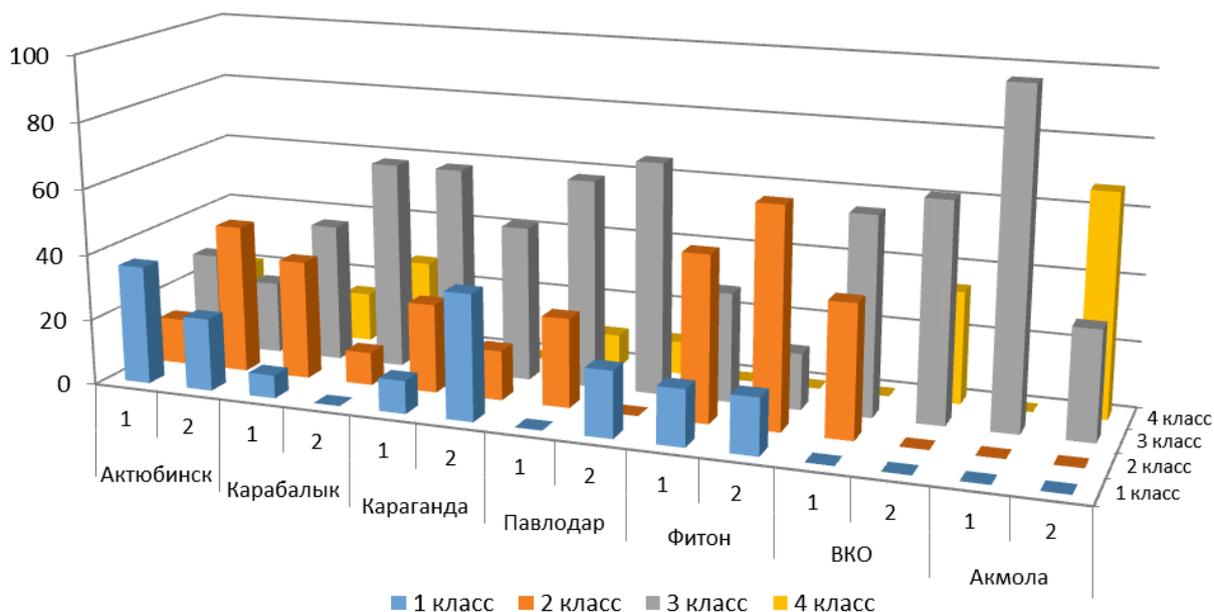
**Table 5.** Characteristics of spring bread wheat genotypes within the KASIB 4–13 network according to their flour sedimentation classes

Сорт	Диапазон изменчивости седиментации, мл			Частота встречаемости генотипов класса:				Ранг Рауне, балл
	min	max	ср.	1	2	3	4	
Ария	45	85	67	42	50	8	–	10/7
Терция	47	77	62	25	58	17	–	8
Фора	48	76	63	18	73	9	–	9
Курганская 5	40	77	51	11	33	56	–	10/7
Мальцевская 110	46	71	61	11	78	11	–	7
Радуга	33	62	48	–	33	67	–	7
А-125	28	92	71	66	22	–	12	8
САД-101	37	80	61	30	50	20	–	9
САД-114	45	92	74	70	20	10	–	8
Альфа 79	54	94	76	50	50	–	–	7
ВК-1	50	88	65	38	62	–	–	9
Зауралочка	52	66	60	–	100	–	–	8
Арка	61	71	66	25	75	–	–	9/7
П-40	56	88	72	50	50	–	–	9

**Таблица 6.** Характеристика сортов яровой мягкой пшеницы по содержанию клейковины в муке в сети КАСИБ 4–13

**Table 6.** Characteristics of spring bread wheat cultivars according to gluten content in flour within the KASIB 4–13 network

Сорт	Диапазон изменчивости содержания клейковины, %			Частота распределения генотипов по классам:			
	min	max	среднее	1 – сильная	2 – ценная	3 – филлер	4 – слабая
Ария	24,4	46,0	35,0	72	9	9	–
Терция	27,6	40,0	36,2	100	–	–	–
Фора	28,4	43,2	36,2	100	–	–	–
Курганская 5	24,0	39,9	33,2	67	11	–	22
Мальцевская 110	28,0	39,6	34,7	78	11	11	–
Радуга	28,0	40,3	34,7	67	22	11	–
А-125	23,2	42,8	35,7	78	11	–	11
САД-101	25,2	46,0	37,9	80	10	10	–
САД-114	30,8	47,2	39,8	90	10	–	–
Альфа 79	30,4	50,0	40,3	88	12	–	–
ВК-1	28,4	46,8	36,5	76	12	12	–
Зауралочка	36,0	42,8	39,2	100	–	–	–
Арка	32,0	43,6	37,2	100	–	–	–
П-40	30,8	43,2	38,0	100	–	–	–



**Рисунок.** Распределение генотипов яровой мягкой пшеницы по частоте встречаемости классов: 1 класс – сильная, 2 – ценная, 3 – филлер, 4 – слабая; по качеству клейковины (ИДК-1) в КАСИБ 4–13 по регионам  
**Figure.** Distribution of spring bread wheat genotypes among regions according to the occurrence frequency of gluten quality classes (1 – strong, 2 – valuable, 3 – filler, 4 – weak) (IDK) in KASIB 4–13

**Таблица 7.** Характеристика сортов яровой мягкой пшеницы по классам качества клейковины в сети КАСИБ 4–13

**Table 7.** Characteristics of spring bread wheat cultivars according to gluten quality classes within the KASIB 4–13 network

Сорт	Диапазон изменчивости качества клейковины			Частота распределения генотипов по классам:				Ранг Райне, балл
	min	max	среднее	1	2	3	4	
Ария	75	110	90	8	17	58	17	10/7
Терция	60	115	100	8	–	58	34	8
Фора	80	105	95	–	10	80	10	9
Курганская 5	60	110	85	22	56	11	11	10/7
Мальцевская 110	65	110	85	22	56	11	11	7
Радуга	75	105	85	11	45	33	11	7
А-125	70	100	80	55	11	44	–	8
САД-101	75	115	90	20	10	50	20	9
САД-114	80	100	95	–	20	70	10	8
Альфа 79	85	105	90	–	50	38	12	7
ВК-1	60	100	85	12	25	63	–	9
Зауралочка	85	100	90	–	25	75	–	8
Арка	75	95	85	25	25	50	–	9/7
П-40	70	90	80	50	–	50	–	7

**Таблица 8.** Характеристика сортов яровой мягкой пшеницы по смешительной ценности муки и ее стабильности**Table 8.** Characteristics of spring bread wheat cultivars according to flour mixing quality and its stability in the KASIB 4–13 network

Сорт	Диапазон изменчивости			Частота встречаемости генотипов класса			Ранг Рауне, балл
	min	max	среднее	2	3	4	
Ария	50	68	58	75	25	–	10/7
Терция	42	67	53	38	62	–	8
Фора	40	65	54	57	43	–	9
Мальцевская 110	41	54	49	–	100	–	7
Радуга	29	51	42	–	88	12	7
А-125	40	58	50	22	78	–	8
САД-101	30	53	47	–	100	–	9
САД-114	40	54	45	–	100	–	8
Альфа 79	50	60	55	60	40	–	7
ВК-1	55	63	58	100	–	–	9
Зауралочка	50	51	51	–	100	–	8
Арка	53	54	54	–	100	–	9/7
П-40	50	51	51	–	100	–	7

**Таблица 9.** Характеристика сортов по классам силы муки**Table 9.** Characteristics of cultivars according to flour strength classes

Сорт	Диапазон изменчивости силы муки, е.а.			Частота встречаемости генотипов класса				Ранг Рауне, балл
	min	max	среднее	1	2	3	4	
Ария	110	110	110	–	–	–	100	7
Терция	65	65	65	–	–	–	100	7
Фора	65	65	65	–	–	–	100	7
Мальцевская 110	253	291	272	50	–	50	–	7/9
Радуга	44	256	249	–	–	50	50	7
А-125	183	468	254	62	–	38	–	9
САД-101	83	384	240	50	10	–	40	5
САД-114	122	396	256	55	–	23	22	7
Альфа 79	262	337	301	67	–	33	–	9
ВК-1	202	326	272	67	33	–	–	9
Зауралочка	212	249	236	–	–	100	–	7
Арка	276	357	308	67	33	–	–	7
П-40	278	302	288	67	33	–	–	7

Это совпадает с прогнозом по составу ВМС глютеина: 8 баллов для 'А-125' и 10/7 баллов для сорта 'Курганская 5'. Для сортов 'Фора', 'САД-114', 'ВК-1' прогнозный балл качества (9) подтверждается в 10-37 % образцов класса «ценная + сильная». Одной из причин снижения качества сорта 'Альфа 79' может рассматриваться наличие 1В/1R пшенично-ржаной транслокации.

По разжижению сорта характеризовались от 20-30 е. ф. ('ВК-1' и 'Альфа 79') до 220-240 е. ф. ('Радуга', 'Фора'), т. е. представлены все классы – от сильной до слабой пшеницы. Как более качественные выделены сорта 'Ария', 'ВК-1', 'САД-101', 'А-125', 'Мальцевская 110' с 66-100 % уровнем образцов класса «сильная + ценная, что соответствовало прогнозным 9-10 баллам по составу ВМС глютеина. В целом среди генотипов данного блока преобладали образцы класса «филлер» в условиях Карабалыка (60-64 %), «Фитона» (20-83 %), ВКО (40-50 %).

По смешительной ценности сорта представлены классом «филлер», за исключением сортов 'Ария', 'Фора', 'ВК-1', 'Альфа 79', характеризующихся преобладанием образцов класса «ценная» до 60 % (табл. 8) с прогнозным высоким качеством по составу ВМС глютеина.

Варьирование по силе муки (W) составляло от 44 е. а. ('Радуга') до 468 е. а. ('А-125'), в основном класса «слабая» и «филлер» (табл. 9), за исключением сортов 'ВК-1', 'Арка',

'П-40' с преобладанием (100 %) класса «сильная + ценная», а также 'САД-114', 'САД 101', 'Альфа 79' (55-67 %).

### Выводы

Изученные сорта мягкой яровой пшеницы селекции Курганского НИИСХ в целом характеризуются достаточным для сильной и ценной пшеницы содержанием протеина, клейковины и уровнем стекловидности. Уровень отбора твердозерных и среднетвердозерных форм – 92 %, высокопротеиновых, высококлейковинных – до 94 % и с отсутствием 1В/1R пшенично-ржаной транслокации – до 57 % всех генотипов. По показателю седиментации прогнозируется 86 % генотипов класса «сильная и ценная»; по составу ВМС глютеина, смешительной ценности, качеству клейковины и силе муки (W) выявлено 30-42 % высококачественных генотипов. Принцип углубленного изучения качества зерна в экологической сети КАСИБ позволил выявить неоднородность сортов по нескольким генетическим и биохимическим показателям, предоставил возможность отбора высококачественных генотипов по маркерным признакам и технологическим свойствам, что позволяет повысить эффективность внутрисортного отбора для улучшения общей оценки качества сорта.

### References/Литература

Abugaliev A. I. (2009) Classification of spring bread wheat cultivars according to the genetic potential of quality (grain hardness and HMW glutenin subunits) (Klassifikatsiya sortov yarovoy myagkoy pshenitsy po geneticheskomu potentsialu kachestva (tverdozernosti i VMS glyutenina)). *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Doklady Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk)*, no. 2, pp. 6–9 [in Russian] (Абугалиева А. И. Классификация сортов яровой мягкой пшеницы по генетическому потенциалу качества (твердозерности и ВМС глютеина) // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2009. № 2. С. 6–9).

Abugaliev A. I., Watts T., Morgunov A. I., Butz A. A. (2008) Grain quality and end use for Kazakh wheat varieties. In: Apells R., Eastwood R., Lagudah E., Lagridge P., Mackay M., McIntyre L., Sharp P. eds. *Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium*. 24–29 August 2008, Brisbane QLD, Australia, 374 p.

Abugaliev A. I., Zelensky Y. I., Savin T. V. (2010) Catalogue 'Classification of spring bread wheat varieties in International nurseries of the Kazakhstan-Russian network in terms of grain quality' (Katalog "Klassifikatsiya sortov yarovoy myagkoy pshenitsy Mezhdunarodnykh pitomnikov Kazakhstansko-Rossiyskoy seti po pokazatelyam kachestva zerna"). Astana, 61 p. [in Russian] (Абугалиева А. И., Зеленский Ю. И., Савин Т. В. Каталог «Классификация сортов яровой мягкой пшеницы Международных питомников Казахстанско-Российской сети по показателям качества зерна». Астана, 2010. 61 с.).

Filippova E. A., Maltseva L. T., Bannikova N. Yu. (2011) On the issue of the expanded use of different-quality wheat varieties (K voprosu raschirennoy ispolzovaniya raznokachestvennykh sortov pshenitsy). *Proceedings of the International Conference 'Ecology, Genetics and Breeding in the Service of Humanity' Ulyanovsk Research Institute of Agriculture*, June 28–30, 2011, pp. 270–274 [in Russian] (Филиппова Е. А., Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю. К вопросу расширенного использования разнокачественных сортов пшеницы. Материалы Международной конференции «Экология, генетика, селекция на службе человечества». Ульяновский НИИСХ, 28–30 июня 2011 г. Ульяновск, 2011. С. 270–274).

Filippova E. A., Maltseva L. T., Bannikova N. Yu., Drobot I. A. (2017) Formation of the main indicators of grain quality (Formirovaniye osnovnykh pokazateley kachestva zerna). *Agrarian Bulletin of the Urals (Agrarny vestnik Urala)*, no. 5, pp. 33–39 [in Russian] (Филиппова Е. А., Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю., Дробот И. А. Формирование основных показателей качества зерна // Аграрный вестник Урала. 2017. № 5. С. 33–39).

Mitrofanova O. P., Khakimova A. G. (2016) New genetic resources in wheat breeding for an increased grain protein content (Novye geneticheskiye resursy v selektsii pshenitsy na uvelicheniye soderzhaniya belka v zerne). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding (Vavilovsky zhurnal genetiki i selektsii)*, 20(4), pp. 545–554 [in Russian] (Митрофанова О. П., Хакимова А. Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20(4). С. 545–554). DOI: 10.18699/VJ16.177

Peruansky Yu. V., Abugaliev A. I., Savin V. N. (1996) Methods of biochemical evaluation of the collection and breeding material (Metody biokhimicheskoy otsenki kollektsionnogo i selektsionnogo materiala). Ed.: Yu. V. Peruansky. *Almaty*, 123 p. [in Russian] (Перуанский Ю. В., Абугалиева А. И., Савин В. Н. Методы биохимической оценки коллекционного и селекционного материала / Под ред. Ю. В. Перуанского. Алматы, 1996. 123 с.).

Volyunkina O. V. (2018) Composition of fertilizer and quality of spring bread wheat in the Kurgan Province (Sostav udobreniya i kachestvo yarovoy myagkoy pshenitsy v Kurganskoj oblasti). In: *Modern methods, means and norms in the field of quality evaluation in grain and grain products (Sovremennyye metody, sredstva i normativy v oblasti otsenki kachestva zerna i zernoproduktov): Collection of proceedings of the 15th All-Russian Scientific & Practical Conference, June 4–8, 2018, Anapa; Kuban branch of the V. M. Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems, RAS. Krasnodar, 2018, pp. 91–96 [in Russian] (Вольюнкина О. В. Состав удобрения и качество яровой мягкой пшеницы в Курганской области / Современные методы, средства и нормативы в области оценки качества зерна и зернопродуктов : Сборник материалов 15-й Всероссийской научно-практической конференции (4–8 июня 2018 г., г. Анапа) / Кубанский филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН. Краснодар, 2018. С. 91–96).*

**Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities**

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Для цитирования/How to cite this article**

Абугалиева А. И., Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Моргунов А. И., Зеленский Ю. И., Пенья Х. Генетический потенциал качества сортов яровой мягкой пшеницы селекции Курганского НИИСХ. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 24-32. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-24-32

Abugalieva A. I., Maltseva L. T., Filippova E. A., Morgunov A. I., Zelensky Y. I., Peña J. Genetic potential of quality in spring bread wheat cultivars bred at Kurgan agricultural research institute. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 24-32. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-24-32

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

**Дополнительная информация/Additional information**

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-24-32>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПО СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА УКОРЕНЯЕМОСТЬ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*Fragaria × ananassa*) *IN VITRO*

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37

УДК 633.11.631.526:631.5

Поступление/Received: 15.01.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

И. А. БЪЯДОВСКИЙ

Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства

115598 Россия, г. Москва, ул. Загорьевская, 4;

✉ vstisp@vstisp.org

THE EFFECT OF LED LIGHT SOURCES WITH VARIED SPECTRAL COMPOSITION ON THE *IN VITRO* ROOTING BILITY OF GARDEN STRAWBERRY (*Fragaria × ananassa*)

I. A. BYADOVSKY

All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nurseries (ARHIBAN),

4, Zagoryevskaya St. Moscow 115598, Russia;

✉ vstisp@vstisp.org

В статье рассмотрена возможность применения светодиодных источников с разными соотношениями красного (650–660 нм), оранжевого (600–610 нм) и синего (440–450 нм) света в световом потоке на этапе укоренения земляники садовой (*Fragaria × ananassa* (Duch. ex Weston) Duch. ex Rozier) в культуре *in vitro*. Исследования проведены на большой выборке сортов земляники (находящейся в коллекции *in vitro*): 'Боровицкая', 'Витязь', 'Зенга Зенгана', 'Хоней', 'Царица', 'Кубата', 'Дукат', 'Мармалада', 'Валента', 'Русич', 'Красавица Загорья', 'Незнакомка' и 'Роксана', что позволило получить достаточно разнообразные результаты. Установлено, что использование светодиодных источников света с повышенным содержанием красного света в световом потоке повышает процент укоренения (в 1,15–1,25 раз) и количество корней на один микрочеренок (в 1,29–1,77 раз) в культуре *in vitro* по сравнению с освещением люминесцентными лампами. Отмечена сортовая специфичность по укореняемости микрочеренков под влиянием различных спектральных составов света.

**Ключевые слова:** клональное микроразмножение, земляника, *Fragaria × ananassa*, укоренение, светодиоды, спектральный состав света

Consideration is given to the possibility of using LED light sources with different ratios of red (650 - 660 nm), orange (600 - 610 nm) and blue (440 - 450 nm) light in the light flux in the rooting stage of garden strawberry (*Fragaria × ananassa* (Duch. ex Weston) Duch. ex Rozier) grown *in vitro*. The study covered a sizable diversity of strawberry cultivars (selected from the *in vitro* collection): 'Borovitskaya', 'Vityaz', 'Zenga Zengana', 'Khoney', 'Tsaritsa', 'Kubata', 'Dukat', 'Marmalada', 'Valenta', 'Rusich', 'Krasavitsa Zagorya', 'Neznakomka' and 'Roksana', thus ensuring quite diversified results. It was established that the use of LED sources with an increased content of red light in the light flux increased the rooting percentage (1.15-1.25 times) and the number of roots per one microcutting (1.29-1.77 times) in *in vitro* culture, as compared with fluorescent lamp lighting. It was observed that with different spectral compositions of light the rooting ability of microcuttings was cultivar-specific.

**Key words:** clonal micropropagation, strawberry, *Fragaria × ananassa*, rooting, light-emitting diodes (LED), spectral composition of light

## Введение

Одной из наиболее ценных ягодных культур является земляника садовая - *Fragaria × ananassa* (Duch. ex Weston) Duch. ex Rozier. Она занимает первое место по площади выращивания среди ягодных культур как в промышленном садоводстве, так и в приусадебном. Спрос на свежие ягоды земляники и продукты переработки из них остается на стабильно высоком уровне, она является ценным сырьем для пищевой и кондитерской промышленности. Земляника – скороплодная и высокоурожайная культура (до 300 ц/га) (Sedov et al., 2014). Актуальным является создание и поддержание коллекций земляники, что может повысить сортимент культивируемых сортов (Zimmerman, Griesbach, 2001; Sedov et al., 2014). Метод клонального микроразмножения способен решить данную потребность за счет высокого коэффициента размножения, получения максимального числа растений с единицы площади, возможности длительного хранения (Trushechkin et al., 1985; Zimmerman, Griesbach, 2001; Alekseenko, Vysotsky, 2000; Byadovsky, 2007). Существует ряд проблематичных моментов (витрификация, каллусообразование, хлорозы и др.) на отдельных этапах клонального микроразмножения. Укоренение

микрочеренков в культуре *in vitro* является заключительным этапом клонального микроразмножения. Известно, что спектральный состав света является важным фактором при укоренении различных видов растений в культуре *in vitro* (Alekseenko, Vysotsky, 2000; Byadovsky, 2007). Применение светодиодов различного спектрального состава позволяет вызывать корнеобразование у различных не укореняющихся (без добавления ауксинов) видов растений (Christiaens et al., 2016). Исследования по изучению влияния освещения светом с пиками излучения в различных областях спектра (и их комбинирование) является перспективным и актуальными для изучения (Christiaens et al., 2016). Использование ламп различного спектрального состава может разнонаправлено влиять на процесс ризогенеза плодовых и ягодных культур при клональном микроразмножении, как повышая его, так и снижая (Alekseenko, Vysotsky, 2000; Byadovsky, 2007; Hoffman et al., 2016; Billore et al., 2017). Спектральный состав света также оказывает значительное влияние на процессы морфогенеза, и его воздействие на данные процессы изучается достаточно широко в России (Malyarovskaya et al., 2013; Fedorova, Lebedeva, 2016; Konovalova, 2016; Byadovsky, 2018) и других странах мира (Azmi et al., 2016; Hoffman et al., 2016; Billore et al., 2017; Mohamed et al., 2017; Okwuonu et al., 2017). В послед-

нее время все больше и больше используются светодиодные источники света, которые имеют ряд преимуществ (низкое энергопотребление, большой ресурс работы, экологичность, возможность регулирования спектрального состава и др.). Это создает предпосылки для дальнейшего изучения и оптимизации применения светодиодных источников света в клональном микроразмножении растений.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния освещения светодиодными источниками света с разными соотношениями красного (650-660 нм), оранжевого (600-610 нм) и синего (440-450 нм) света в световом потоке на этапе укоренения земляники садовой (*F. × ananassa*) в культуре *in vitro*.

### Материал и метод

Исследования проводили в отделе биотехнологии и защиты растений Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ВСТИСП) в 2016-2018 гг. В качестве объектов исследований были взяты следующие сорта земляники садовой (*F. × ananassa*): 'Боровицкая', 'Витязь', 'Зенга Зенгана', 'Хоней', 'Царица', 'Кубата', 'Дукат', 'Мармалада', 'Валента', 'Русич', 'Красавица Загорья', 'Незнакомка' и 'Роксана'. Данные сорта земляники были взяты из длительно поддерживаемой коллекции *in vitro* (введение 2010 г.). Клональное микроразмножение проводили по методическим рекомендациям С. А. Муратовой и др. (Muratova et al., 2008 г.) и В. Г. Трушечкина и др. (Trushchkin et al., 1985). При клональном микроразмножении микрорастения проходят несколько этапов: 1 - введение в культуру *in vitro* (изоляция эксплантов); 2 - собственно микроразмножение (пролиферация микропобегов); 3 - элонгация; 4 - укоренение микрочеренков; 5 - адаптация укорененных микрорастений к нестерильным условиям. В данной работе представлены результаты исследований на этапе укоренения микрочеренков. В работе придерживались терминологии и технических требований национального стандарта ГОСТ Р 54051-2010 (ГОСТ, 2011). Перед посадкой на среду укоренения микрочеренки культивировали на среде элонгации (питательная среда Мура-сиге-Скуга) с добавлением 6-бензиламинопурина 0,2 мг/л. Для укоренения микрочеренков использовали питательную среду Мура-сиге-Скуга с половинной концентрацией солей макроэлементов, и добавлением β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК) в концентрации 0,5 мг/л. На предыдущих этапах (пролиферация микропобегов, элонгация) микрорастения культивировали при освещении их люминесцентными лампами L865 (6500 К). Условия в культуральной комнате поддерживали следующие: температура +22-24°C; освещенность 72-86 мМоль/м<sup>2</sup>\*сек<sup>-1</sup> при 15-часовом фотопериоде, которая создавалась светодиодными светильниками различного спектрального состава:

- Д1-650-660 нм (90%) + 440-450 нм (10%);
- Д2-650-660 нм (80%) + 440-450 нм (20%);
- Д3-650-660 нм (45%) +  
+ 600-610 нм (45%) + 440-450 нм (10%);
- Д4-650-660 нм (40%)  
+ 600-610 нм (40%) + 440-450 нм (20%);
- L865-контроль (люминесцентные лампы 6500 К).

Исследования проводили на пяти вариантах освещения и 13 сортах земляники садовой (*F. × ananassa*), в каждом варианте использовали 24 микрочеренка. По истечении 8 недель культивирования снимались учеты. Обработка полученных результатов исследований проводилась при помощи программ MS Office Excel 2003 и STAT.

### Результаты исследований

В культуре *in vitro* на этапе укоренения было изучено влияние светодиодных источников освещения различного спектрального состава на укореняемость микрочеренков земляники садовой (рисунок, таблица).

Анализируя влияние освещения светодиодных источников света на этапе укоренения земляники садовой (см. рисунок) в культуре *in vitro*, можно отметить, что процент укоренения колебался в достаточно широких пределах – от 50% (сорт 'Царица') до 100% ('Боровицкая', 'Зенга Зенгана', 'Хоней') и достаточно сильно проявлялась сорто-специфичность под влиянием различного спектрального состава. На этапе укоренения (см. рисунок) выявлена тенденция увеличения укореняемости земляники садовой на уровне средних при освещении ее светодиодными источниками света, но достоверно превосходил освещение эксплантов люминесцентными лампами L865 только вариант Д1. В остальных вариантах данное увеличение не было существенным. Также можно отметить тенденцию к более высокой укореняемости (на уровне средних) при отсутствии пика в оранжевой части спектра (600-610 нм) в вариантах Д1 и Д2, но данное снижение не было статистически достоверным. Также наблюдалась тенденция к более высокой укореняемости микрочеренков земляники при 10% (варианты Д1 и Д3) синего света 440-450 нм, в сравнении с 20% (варианты Д2 и Д4), в освещаемом свете, но данное увеличение также не было существенным. Анализируя в целом результаты по всем изученным сортам земляники садовой на уровне средних, можно отметить, что укореняемость превышала 80% при освещении их светодиодными светильниками в вариантах Д1 и Д2 (оно не было статистически достоверным); несколько уступало им освещение светильниками в вариантах Д3 и Д4; минимальная укореняемость микрочеренков (67,4%) наблюдалась при освещении их лампами L865 (6500 К).

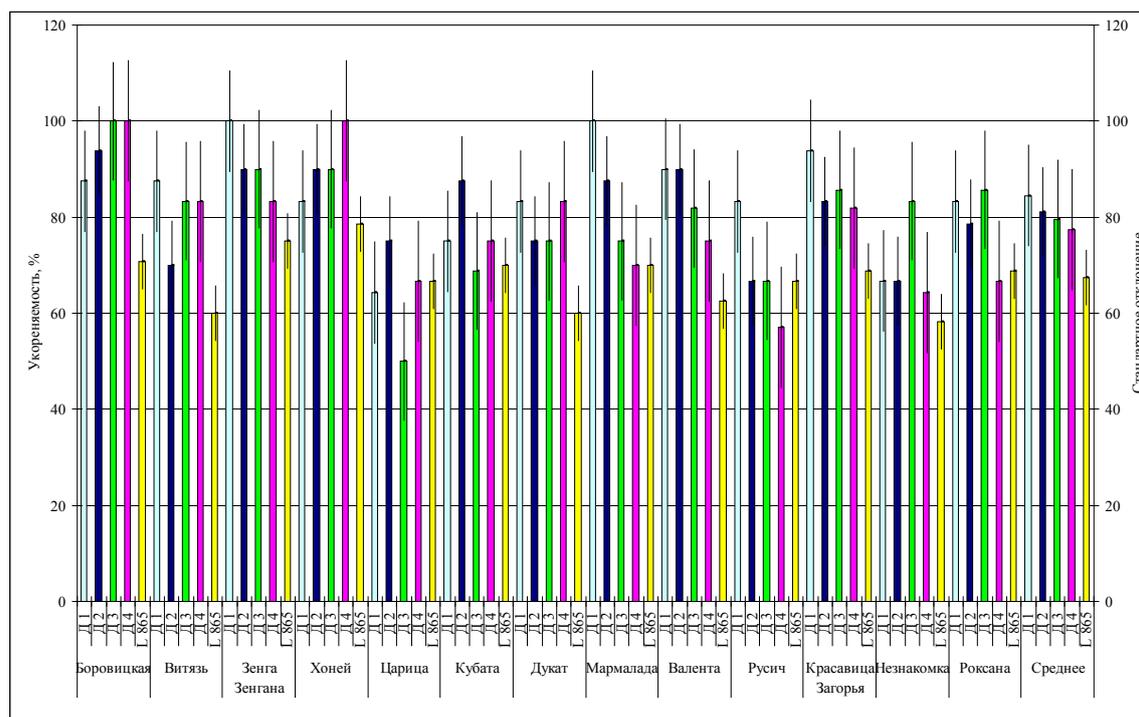
Статистически достоверно превосходили контрольный вариант освещения L865 (см. рисунок) следующие варианты освещения светодиодными светильниками для сортов: 'Боровицкая' – Д1, Д2, Д3, Д4; 'Витязь' – Д1, Д3, Д4; 'Зенга Зенгана' – Д1, Д2; 'Хоней' – Д4; 'Кубата' – Д2; 'Дукат' – Д1, Д2, Д4; 'Мармалада' – Д1, Д2; 'Валента' – Д1, Д2, Д3; 'Русич' – Д1; 'Красавица Загорья' – Д1; 'Незнакомка' – Д3. Необходимо отметить, что контрольному варианту освещения (L865) существенно не уступали никакие варианты освещения светодиодными светильниками (по всем изученным сортам земляники садовой).

При проведении исследований наблюдалась сортовая специфичность земляники садовой. Так, наибольшая укореняемость отмечена (на уровне средних, суммарно по вариантам освещения) у сортов 'Боровицкая' (90,4%) и 'Хоней' (88,4%), а существенно меньшая укореняемость (в сравнении с сортами 'Боровицкая' и 'Хоней') отмечена у сортов 'Царица' (64,5%), 'Незнакомка' (67,9%) и 'Русич' (68,1%).

### Заключение

В процессе исследований установлено, что использование светодиодных источников освещения (варианты Д1, Д2, Д3 и Д4) оказывает положительное влияние на ризогенез сортов земляники садовой (*F. × ananassa*).

В среднем по изученным сортам при использовании светодиодных светильников процент укоренения в 1,15-1,25 раз выше по сравнению с контролем и составил для Д1 – 84,5, Д2 – 81,1, Д3 – 79,6, Д4 – 77,4%, а в контроле L865 (6500 К) – только 67,4%. Также наблюдалась тенденция к увеличению процента укоренения микрочеренков



**Рисунок.** Укоренение микрочеренков различных сортов земляники садовой при освещении светодиодными светильниками различного спектрального состава и люминесцентными лампами L865, %

**Figure.** Rooting of microcuttings of different garden strawberry cultivars under LED light sources with varied spectral composition and fluorescent lamps L865, %

**Таблица.** Влияние освещения светодиодными источниками света различного спектрального состава и люминесцентных ламп L865 на количество корней земляники садовой, шт./микрочеренок

**Table.** The effect of illumination with LED light sources of varied spectral composition and fluorescent lamps L865 on the number of garden strawberry roots per one microcutting

Сорт	Тип освещения					$\bar{X}$
	Д1	Д2	Д3	Д4	L865	
Боровицкая	8,7	9,3	10,2	13,0	6,3	9,49
Витязь	7,1	8,9	12,6	12,2	6,5	9,46
Зенга Зенгана	8,1	10,0	11,8	11,3	7,5	9,74
Хоней	7,8	8,5	8,6	9,1	6,9	8,18
Царица	9,1	10,6	10,5	12,2	5,6	9,60
Царица	6,0	6,6	8,1	9,0	4,4	6,82
Дукат	7,8	7,4	7,5	8,6	6,4	7,54
Мармалада	5,9	6,0	5,7	6,8	3,8	5,63
Валента	5,7	6,4	7,2	8,6	4,6	6,50
Русич	5,3	6,9	7,4	8,9	4,2	6,54
Красавица Загорья	8,7	9,5	12,3	12,2	6,3	9,80
Незнакомка	9,7	10,5	10,6	11,4	7,1	9,86
Роксана	7,3	8,7	8,2	9,8	5,6	7,93
$\bar{X}$	7,48	8,40	9,27	10,24	5,78	-

$HCP_{05\text{ Сорт}} = 1,04$     $HCP_{05\text{ Тип освещения}} = 1,57$     $HCP_{05\text{ Взаимодействие}} = 1,22$

земляники при 10% синего света 440–450 нм (на уровне средних 79,6–84,5%), в сравнении с 20% (на уровне средних 77,4–81,1%) в освещаемом свете. Процент укоренения (на уровне средних по всем изученным сортам) статистически достоверно был выше по сравнению с контролем L865 (6500 К) только в варианте Д1.

Отмечено статистически достоверное увеличение (в 1,29–1,77 раза) количества корней на один микрочеренок у всех изученных сортов при применении светодиодных светильников. Необходимо отметить положительное влияние на увеличение количества корней на один микрочеренок пиков в красной (650–660 нм)

и оранжевой (600–610 нм) областях спектра. У изученных сортов количество корней (средние значения) составило 9,27–10,24 шт./микрочеренок при использовании светильников с пиками в красной (650–660 нм) и в оранжевой (600–610 нм) области спектра и 7,48–8,40 шт./микрочеренок при использовании светильников с пиком только в красной области (650–660 нм).

При проведении исследований наблюдалась сортовая специфичность при укореняемости земляники садовой (*F. × ananassa*) под влиянием света различного спектрального состава, что выражалось в лучшей способности к ризогенезу одних сортов по сравнению с другими.

## References/Литература

- Alekseenko L. V., Vysotsky V. A. (2000) Influence of the spectral composition of light on the process of rhizogenesis in explants of day-neutral and remontant strawberry varieties (Vliyaniye spektralnogo sostava sveta na protsess rizogeneza u eksplantov zemlyaniki neytralnodnevykh i remontantnykh sortov). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia (Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii)*, Moscow, vol. 7, pp. 73–81 [in Russian] (Алексеенко Л. В., Высоцкий В. А. Влияние спектрального состава света на процесс ризогенеза у эксплантов земляники нейтральнодневных и ремонтантных сортов // Плод-во и ягод-во России. М., 2000. Т. 7. С. 73–81).
- Azmi N. S., Ahmad R., Ibrahim R. (2016) Fluorescent light (FL), red led and blue LED spectrums effects on *in vitro* shoots multiplication. *J. Technol. (Sci. & Engineering)*, vol. 78, no. 6–6, pp. 93–97.
- Billore V., Jain M., Suprasanna P. (2017) Monochromic radiation through light-emitting diode (LED) positively augments *in vitro* shoot regeneration in Orchid (*Dendrobium sonia*). *Canadian J. of Biotech.*, vol. 1, iss. 2, pp. 50–58.
- Byadovsky I. A. (2007) Influence of different duration of *in vitro* cultivation and the spectral composition of light on the rooting of cherry and plum microsprouts (Vliyaniye razlichnoy prodolzhitel'nosti kultivirovaniya *in vitro* i spektralnogo sostava sveta na ukorenyaemost mikropobegov vishni i slivy). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia (Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii)*, Moscow, vol. 19, pp. 33–41 [in Russian] (Бьядовский И. А. Влияние различной продолжительности культивирования *in vitro* и спектрального состава света на укореняемость микропобегов вишни и сливы // Плод-во и ягод-во России. М., 2007. Т. 19. С. 33–41).
- Byadovsky I. A. (2018) The influence of the spectral composition of light on the rhizogenesis of clonal apple rootstocks in an *in vitro* culture (Vliyaniye spektralnogo sostava sveta na rizogenez klonovykh podvoev yabloni v culture *in vitro*). In: *Actual Biotechnology (Aktualnaya biotekhnologiya)*, Proceed. of the V Intern. Scient. & Pract. Conf. 'Biotechnology: Science and Practice', ISSN2304–4691, Voronezh, vol. 3(26). pp. 519 [in Russian] (Бьядовский И. А. Влияние спектрального состава света на ризогенез клоновых подвоев яблони в культуре *in vitro* // Актуальная биотехнология, по матер. V межд. науч.-практ. конф. «Биотехнология: наука и практика», ISSN2304–4691. Воронеж, 2018, Т. 3(26). С. 519).
- Christiaens A., Gobin B., Van Labeke M. C. (2016) Light quality and adventitious rooting: a mini-review. *ISHS Acta Hort.* 1134: VIII International Symposium on Light in Horticulture. DOI: 10.17660/ActaHort.2016.1134.50
- Fedorova Yu. N., Lebedeva N. V. (2016) The effect of light of different spectral composition on the growth of potato plants *in vitro* (Vliyaniye sveta raznogo spektralnogo sostava na rost rasteniy kartofelya *in vitro*). *Newsletter of Velikiye Luki State Agricultural Academy (Izvestiya Velikolukskoy GSKhA)*, vol. 4, pp. 2–7 [in Russian] (Федорова Ю. Н., Лебедева Н. В. Влияние света разного спектрального состава на рост растений картофеля *in vitro* // Известия Великолуksкой ГСХА, 2016. Т. 4 С. 2–7).
- GOST R54051–2010 (2011). The National Standard of the Russian Federation. Fruit and berry crops: Sterile crops and adapted microplants. Technical specifications (Natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii. Plodovye i yagodnye kultury. Sterilnye kultury i adaptirovannye mikrorasteniya. Tekhnicheskiye usloviya), 12 p. [in Russian] (ГОСТ Р 54051–2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Плодовые и ягодные культуры: Стерильные культуры и адаптированные микрорастения. Технические условия. 2011. 12 с.).
- Hoffman A. P., Adams J. P., Nelson A. (2016) Effects of light regime and IBA concentration on adventitious rooting of an eastern cottonwood (*Populus deltoides*) clone. *Hardwood Regeneration. Proceedings of the 18 Biennial Southern Silvicultural Research Conference*, pp. 475–485.
- Konovalova I. O. (2016) Definition of optimum parameters of LED illumination on leafy vegetable crops with reference to a vitamin space greenhouse (Opredeleniye optimalnykh parametrov svetodiodnogo osveshcheniya listovykh ovoshchnykh kultur primenitelno k vitaminnoy kosmicheskoy oranzheye): Thesis for PhD degree in Biol. Sci., Moscow, 177 p. [in Russian] (Коновалова И. О. Определение оптимальных параметров светодиодного освещения листовых овощных культур применительно к витаминной космической оранжерее: дисс. ... канд. биол. наук. Москва, 2016. 177 с.).
- Malyarovskaya V. I., Kolomiets T. M. et al. (2013) Influence of the spectral composition of light on the growth and development of *Lilium caucasicum in vitro* culture (Vliyaniye spektralnogo sostava sveta na rost i razvitiye *Lilium caucasicum* v usloviyakh kultury *in vitro*). *Scientific Journal of the Kuban State Agric. Univ. (Nauchny zhurnal KubGAU)*, vol. 94(10), pp. 1–11 [in Russian] (Маляровская В. И., Коломиец Т. М. и др. Влияние спектрального состава света на рост и развитие *Lilium caucasicum* в условиях культуры *in vitro* // Научный журнал КубГАУ. 2013. Т. 94(10), С. 1–11). <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/12.pdf>
- Mohamed F. H., Omar G. F., Ismail M. A. (2017) *In vitro* regeneration, proliferation and growth of strawberry under different light treatments. *Acta Hort.*, vol. 1155, pp. 361–368.
- Muratova S. A., Shornikov D. G., Yankovskaya M. B. (2008) Reproduction of horticultural crops *in vitro* (methodological recommendations) (Razmnozheniye sadovykh kultur *in vitro*). Michurinsk, 69 p. [in Russian] (Муратова С. А., Шорников Д. Г., Янковская М. Б. Размножение садовых культур *in vitro* (методические рекомендации). Мичуринск, 2008. 69 с.).
- Okwuonu I. C., Nsofor G. N., Ihezue C. I., Okogbue G., Egesi C. N. (2017) Effect of light intensity and orientation on *in vitro* regeneration of *Cassava plantlets*. *IOSR J. of Biotech. and Biochem. (IOSR-JBB)*, vol. 3, iss. 5, pp. 63–69.
- Sedov E. N., Gruner L. A. et al. (2014) Pomology. Volume 4: Strawberries. Raspberries. Nut-bearing and rare crops

(Pomologiya. Tom 4. Zemlyanika. Malina. Orekhoplodnye i redkiye kultury). Orel: VNIISPK, 592 p. [in Russian] (Седов Е. Н., Грюнер Л. А. и др. Помология. Том 4: Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры. Оrel: ВНИИСПК, 2014. 592 с.).

Trushechkin V. G., Vysotsky V. A., Leontiev-Orlov O. A. (1985) Methodological guidelines for clonal micropropagation of rootstocks and apple varieties (Metodicheskiye ukazaniya po

klonalnomu mikrorazmnozhениyu podvovoyev i sortov yabloni) Moscow: VASKHNIL, 19 p. [in Russian] (Трушечкин В. Г., Высоцкий В. А., Леонтьев-Орлов О. А. Методические указания по клональному микроразмножению подвоев и сортов яблони / М.: ВАСХНИЛ, 1985. 19 с.).

Zimmerman R. H., Griesbach R. J. (2001) Status of the commercial micropropagation industry. *Comb. Proc. Intern. Plant Prop. Soc.*, vol. 51, pp. 479–481.

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of the financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Бьядовский И. А. Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria × ananassa*) *in vitro*. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 33-37.

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37

Byadovsky I. A. The effect of led light sources with varied spectral composition on the *in vitro* rooting bility of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 33-37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-33-37>

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

Автор одобрил рукопись/Author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОЗЕРНЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ОМСКОГО АНЦ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43

УДК 633.16:631.527:631.526.32(527.1)

Поступление/Received: 06.02.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

П. Н. НИКОЛАЕВ<sup>1</sup>, О. А. ЮСОВА<sup>1</sup>, Н. И. АНИСЬКОВ<sup>2</sup>,  
И. В. САФОНОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Омский аграрный научный центр,  
644012 Россия, г. Омск, пр. Королева, 26;  
✉ 55asc@bk.ru

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр  
Всероссийский институт генетических ресурсов  
растений имени Н. И. Вавилова (ВИР),  
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;  
✉ i.safonova@vir.nw.ru

## AGROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF HULLESS BARLEY CULTIVARS DEVELOPED AT OMSK AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER

P. N. NIKOLAEV<sup>1</sup>, O. A. YUSOVA<sup>1</sup>, N. I. ANISKOV<sup>2</sup>,  
I. V. SAFONOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Omsk Agrarian Scientific Center,  
26 Koroleva Ave., Omsk 644012, Russia;  
✉ 55asc@bk.ru

<sup>2</sup> N. I. Vavilov All-Russian Institute  
of Plant Genetic Resources (VIR),  
42-44 Bolshaya Morskaya St.,  
St. Petersburg 190000 Russia;  
✉ i.safonova@vir.nw.ru

**Актуальность.** Создание и внедрение в производство новых сортов голозерного ячменя, способных стабильно формировать высокий и качественный урожай зерна, крайне актуально на сегодняшний день. Объектами исследований являлись голозерные сорта ячменя: 'Омский голозерный 2', 'Омский голозерный 4' и 'Майский'. Цель исследований – агробиологическая характеристика сортов голозерного ячменя селекции Омского АНЦ. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2015–2017 гг. на опытных полях Омского АНЦ, расположенных в южной лесостепи (третий селекционный севооборот по предшественнику пшеницы, четвертая культура после пара). Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Рассчитаны параметры стабильности и пластичности по S. A. Eberhart и W. A. Russell, C. Wricke, адаптивности – по Л. А. Животкову, гомеостатичности – по В. В. Хангильдину. Стрессоустойчивость и компенсаторную способность сорта рассчитывали по А. А. Rossielle и J. Hemblin. **Результаты.** Итогом многолетней селекционной работы Омского АНЦ стало создание трех голозерных сортов ячменя: 'Омский голозерный 2' (включен в Госреестр РФ по 9, 10 и 11 регионам); 'Омский голозерный 4' (передан на Государственное сортоиспытание в 2017 г.) и 'Майский' (не включен в Госреестр РФ). Новый сорт ячменя 'Омский голозерный 4' с учетом повышенной продуктивности (+1,36 г к сорту-стандарту (st.) по массе 1000 зерен и +0,73 т/га к сорту 'Майский') по выходу питательных веществ с единицы площади находился на уровне стандарта 'Омский голозерный 2', но превышал сорт 'Майский' (+47,2 кг/га белка, +390 кг/га крахмала и +42,4 кг/га сырого жира). Также 'Омский голозерный 4' характеризовался стабильностью ( $\sigma^2d = 4,8$ ), повышенной компенсаторной способностью ( $\frac{Y_{min} + Y_{max}}{2} = 3,29$ ) и адаптивностью (КА = 103%). Наблюдалось повышение урожайности при улучшении условий выращивания (bi = 1,25; Wi = 0,344). Сорт 'Майский' имел повышенную стрессоустойчивость (Ymin – Ymax = –1,35), стандартный сорт 'Омский голозерный 2' – гомеостатичность (Nom = 0,118). Таким образом, 'Омский голозерный 4' обладает повышенной адаптивностью и стабильностью по сравнению с предшествующими сортами.

**Ключевые слова:** яровой голозерный ячмень, сорт, белок, жир, урожайность, стабильность, пластичность, гомеостатичность

**Background.** An extremely important task today is to develop new hulless barley cultivars, capable of yielding large and high-quality grain harvests, and introduce them into agricultural production. Objective. The purpose was to study three hulless barley cultivars 'Omsky golozerny 2', 'Omsky golozerny 4' and 'Maysky', developed at Omsk Agrarian Scientific Center, in order to describe their agrobiological characteristics. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out in 2015–2017 on the experimental fields of Omsk ASC in the southern forest steppe (third crop rotation after the wheat predecessor; fourth crop after fallow). There were 4 replications on the plot of 10 m<sup>2</sup>. The seeding rate was 4 million viable seeds per 1 ha. Agricultural practice used in the experiments was conventional for West Siberia. Parameters of stability and plasticity were calculated according to Eberhart and Russell, Wricke; adaptability, according to Zhivotkov; homeostasis, according to Khangildin; stress tolerance and compensatory ability, according to Rossielle and Hemblin. **Results.** Many years of breeding work at Omsk ASC resulted in the development of three hulless barley cultivars: 'Omsky golozerny 2' (listed in the State Register of the Russian Federation for regions 9, 10 and 11), 'Omsky golozerny 4' (submitted for the State Crop Variety Trials in 2017), and 'Maysky' (not included in the State Register). The new hulless barley cultivar 'Omsky golozerny 4', considering its higher productivity (+1.36 g to the reference in 1000 grain weight, and +0.73 t/ha to cv. 'Maysky'), in the yield of nutrients per area unit equaled the reference 'Omsky golozerny 2', but exceeded 'Maysky' (+47.2 kg/ha of protein, +390 kg/ha of starch, and +42.4 kg/ha of crude fat). 'Omsky golozerny 4' was also characterized by stability (stability = 4.8), increased compensatory ability (3.29) and adaptability (103%). There was an increase in productivity with improved growing conditions (ecological plasticity = 1.25). 'Maysky' had higher stress tolerance (–1.35), while the reference 'Omsky golozerny 2' showed increased homeostasis (0.118). Thus, 'Omsky golozerny 4' exceeded the previous two cultivars in adaptability and stability.

**Key words:** spring barley, cultivar, protein, fat, yield, stability, plasticity, homeostasis

## Введение

В связи с глобальными климатическими изменениями проблема создания и использования в сельскохозяйственном производстве сортов с повышенными приспособительными качествами приобретает особую актуальность (Gostev et al., 2017). С учетом климатических факторов, потребностей и спроса производства на сегодняшний день приоритетным направлением исследований становится селекция на высокую продуктивность и адаптивность к местным природно-климатическим факторам (Plant Breeding, 2001), экологическую пластичность (Murugova, 2016), а также устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам (Robinson et al., 2007; Sarkar et al., 2014).

Ячмень – одна из наиболее распространенных кормовых культур, возделываемых в России. В настоящее время значительно возрос интерес к голозерным сортам ячменя (Gryaznov et al., 2016; Gubanova, Gubanov, 2015), у которых цветочные чешуи не срываются с зерном, поэтому на семях не образуется пленок (которые составляют 10-12% массы зерна). В группу голозерных разновидностей ячменя входят: многорядный голозерный – *Hordeum vulgare* L. convar. *coeleste* (L.) A. Trof. var. *coeleste* L. – и двурядный голозерный – *H. vulgare* L. convar. *nudum* (L.) A. Trof. var. *nudum* L. Голозерный ячмень обеспечивает альтернативный источник протеина хорошего качества и метаболической энергии в животноводстве, так как не требует дополнительных затрат на удаление пленок зерна. Голозерные сорта ячменя имеют существенные преимущества перед пленчатыми по энергетическим свойствам благодаря высокому содержанию белка и крахмала (Zhelezov et al., 2013).

К сожалению, голозерный ячмень – новая малораспространенная культура для России. В связи с этим создание и внедрение в производство новых сортов голозерного ячменя, способных формировать высокий и качественный урожай зерна, является крайне актуальным на сегодняшний день.

*Цель исследований* – агробиологическая характеристика сортов голозерного ячменя селекции Омского АНЦ.

## Материалы и методика проведения исследований

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2015–2017 гг. на опытных полях Омского аграрного научного центра (г. Омск), расположенных в южной лесостепи. Почва – чернозем обыкновенный выщелоченный; содержание гумуса – 6–7%. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га. Посев произведен селекционной сеялкой ССФК-7; третий селекционный севооборот по предшественнику пшеницы, четвертая культура после пара. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Уборка проведена в фазу полной спелости селекционным комбайном Неге 125.

Объектом исследований служили голозерные сорта ячменя селекции Омского АНЦ. Проведена математическая обработка данных (Dospikhov, 1985; Multivariate analysis, 2001), рассчитаны параметры стабильности, пластичности и гомеостатичности (Wricke, 1962; Eberhart, Russell, 1966; Khangildin, 1979; Zhivotkov et al., 1994), а также стрессоустойчивости (Rossielle, Hemblin, 1981; Goncharenko, 2005).

Климатические условия в годы исследований были достаточно контрастными и довольно полно отражали особенности южной лесостепной зоны Омской области. Так, засушливые условия наблюдались в 2014 и 2015 г. (ГТК = 0,69 и 0,80). Достаточным увлажнением отличался период вегетации 2016 г. (ГТК = 0,99). Согласно дан-

ными диаграммы (рис. 1), превышение среднееголетних данных по температуре наблюдалось в мае (+0,3, +2,8°C к норме), июне (+0,6, +2,9°C), а также июле (+0,3, +3,4°C) 2015 и 2016 г. на фоне достаточного увлажнения в данные месяцы (5,4 ÷ 45 мм осадков в мае; 27,3 ÷ 96,2 в июне и 27,3 ÷ 108,0 в июле). Температура воздуха в августе была существенно ниже среднееголетних данных (–0,8 ÷ –2,4°C) в период вегетации 2015 г. и превышала среднееголетние данные в 2016 г. (+1,3°C). Вегетационный период 2017 г. в целом можно охарактеризовать как сухой и достаточно жаркий. Выпадение осадков носило неравномерный характер с недобором в июне (–26,7% от среднееголетних) и августе (–73,6%). Температура воздуха превышала среднееголетнюю в мае, июне и августе (+1,6 ÷ 2,1°C к норме). В июле недобор тепла составил 1,1°C.

## Результаты исследований

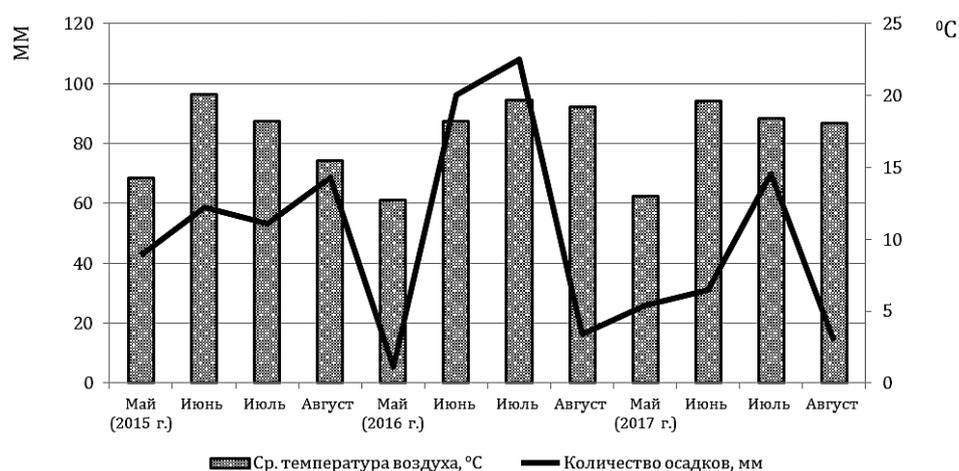
В мировой коллекции среди ячменей имеется большое количество голозерных форм, которые характеризуются повышенным качеством зерна на фоне низкой урожайности (Tsandekova, Neverova, 2017). В настоящее время в Государственный сортовой реестр РФ внесены четыре голозерных сорта: 'Нудум 95', 'Омский голозерный 1', 'Оскар' (двурядные), 'Омский голозерный 2' (многорядный) (Gryaznov, 2017). В 2017 г. на Государственное сортоиспытание передан новый многорядный голозерный сорт ячменя 'Омский голозерный 4' селекции Омского АНЦ. Ниже представлена агробиологическая характеристика перечисленных сортов.

'Омский голозерный 2' выведен в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства СО РАСХН (Омский АНЦ) методом сложных скрещиваний сортов [(Голозерный × Нутанс 4304) × Рикотензе + паллидум 4414] с последующим индивидуальным отбором растений в F<sub>3</sub>.

'Омский голозерный 2' относится к лесостепной экологической группе сортов, среднеспелый. Тип развития сорта яровой, разновидность – целесте. Сорт высокорослый (высота растений 85–111 см), куст полупрямостоячий, толщина и прочность стебля высокая, соломина прочная, окраска стеблевых узлов коричневая. Лист широкий, влагалище нижних листьев без опушения. Встречаемость растений с наклоненным флажковым листом низкая. Форма колоса в поперечном разрезе прямоугольная. Колос цилиндрический, шестирядный, остистый, соломенно-желтый, рыхлый, средней длины, полупрямостоячий. Ушки серповидные светлые, антоциановая окраска ушек слабая, язычок обыкновенный. Цветочные чешуи не сросшиеся с зерновкой, грубые, глянцевиые, в отдельные годы с антоциановой окраской, исчезающей при созревании. Щетинка узкая, коротковолосистая, переход цветочной чешуи в ость постепенный. Зерно желтое, голое, полуокруглое, средней крупности, масса 1000 зерен – 40,4 г.

За годы испытаний сорт ячменя 'Омский голозерный 2' показал себя как иммунный ко всем видам головни, по устойчивости к болезням значительно превышал сорт 'Омский голозерный 1'. Согласно описанию морфологических особенностей сорта, 'Омский голозерный 2' соответствует требованиям однородности и стабильности. Сорт включен в Госреестр по Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам. Патент № 4075 зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 29.05.2008 г.

'Омский голозерный 4' (Целесте 4869) выведен в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (Омский АНЦ) путем гибридизации сортов (Нутанс 4621 × Омский голозерный 2) с последующим индивидуальным отбором в F<sub>3</sub>.



**Рисунок.** Климатическая характеристика периодов вегетации 2015–2017 гг.

**Figure.** Climate characteristics of the 2015–2017 growing seasons

‘Омский голозерный 4’ относится к лесостепной экологической группе сортов, засухоустойчив, среднеспелый. Тип развития яровой, разновидность – целесте. Куст полупрямостоячий, толщина и прочность стебля средние, окраска стеблевых узлов коричневая. Лист широкий, влагалища нижних листьев без опушения. Встречаемость растений с наклоненным флажковым листом средняя. Ушки серповидные светлые, антоциановая окраска слабая. Язычок обыкновенный. Колос цилиндрический, шестирядный, остистый, соломенно-желтый, рыхлый, средней длины, полупрямостоячий. Форма колоса в поперечном разрезе прямоугольная, цветочные чешуи не сросшиеся с зерновкой, грубые, глянцевиные. В отдельные годы – с антоциановой окраской, исчезающей при созревании. Переход цветочной чешуи в ость постепенный. Нервация цветочной чешуи слабо выражена. Ости длинные, расположены параллельно колосу, легко осыпаются при созревании, желтые, имеется зазубренность краев. В отдельные годы проявляется антоциановая окраска кончиков остей. Щетинка узкая, коротковолосистая, переход цветочной чешуи в ость постепенный. Первый сегмент колосового стержня со слабым изгибом. Зерно средней крупности, желтое, голое, полукруглое.

За годы испытаний сорт ‘Омский голозерный 4’ на искусственном инфекционном фоне проявил практическую устойчивость к черной и пыльной головне (поражение 0 – 2%), слабую восприимчивость к каменной головне (поражение 7,4 – 11,8%) и по устойчивости к поражению головневыми болезнями значительно превысил стандартный сорт ‘Омский голозерный 2’. Сорт передан на Государственное сортоиспытание в 2017 г. по Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам.

‘Майский’ (Нудум 4785) выведен в Сибирском науч-

но-исследовательском институте сельского хозяйства СО РАСХН (Омский АНЦ) методом гибридизации сортов [(Голозерный × Нутанс 4304) × Линия 728/94] с последующим индивидуальным отбором.

Сорт относится к лесостепной экологической группе, среднеспелый (вегетационный период от всходов до созревания составляет 76–89 суток), устойчив к полеганию и осыпанию. Тип развития яровой, разновидность – нудум. Сорт среднерослый, высота растения 65–85 см, соломина прочная, опушение листовых влагалищ на нижних листьях отсутствует. Колосья двурядные, остистые, желтые, цилиндрической формы, средней длины, рыхлые. Антоциановая окраска кончиков ости отсутствует. Ости длинные, расположены вдоль колоса (параллельно), желтые, зазубрены от основания или после  $\frac{1}{3}$  длины ости. Цветочные чешуи не сросшиеся с зерновкой, грубые, глянцевиные. В отдельные годы – с антоциановой окраской, исчезающей при созревании. Наблюдается длинное опушение основной щетинки зерна, опушение брюшной бороздки зерновки отсутствует. Зерно буровато-желтое, голое, крупное. Масса 1000 зерен – 48,0–50,9 г.

Сорт слабовосприимчив к поражению черной и каменной головней, устойчив к пыльной. По продуктивности сорт ‘Майский’ относится к высокоурожайным в условиях Западной Сибири. Сорт не включен в Госреестр РФ, но используется в селекционной работе в качестве исходного материала.

Содержанию белка как одному из основных показателей качества зерна в настоящее время уделяется большое внимание (Robinson et al., 2007). Анализ качества зерна ячменя свидетельствует о том, что новый сорт ячменя ‘Омский голозерный 4’, в среднем за три последних года, имел 13,6% белка (табл. 1), что на уровне стандартного сорта ‘Омский голозерный 2’ (13,84%), но ниже

**Таблица 1.** Характеристика голозерных сортов ячменя по продуктивности и качеству зерна, среднее за 2015–2017 гг.

**Table 1.** Grain yield and quality characteristics of hulless barley cultivars, average for 2015–2017

Сорт	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г	Белок		Крахмал		Сырой жир	
			$\bar{x}$ , %	Сбор с 1 га, кг/га	$\bar{x}$ , %	Сбор с 1 га, т/га	$\bar{x}$ , %	Сбор с 1 га, кг/га
Омский голозерный 2, st.	3,48	40,34	13,84	392,1	63,84	1,93	2,61	75,80
Майский	2,91	49,12	14,48	342,5	66,03	1,65	1,91	49,60
Омский голозерный 4	3,64	41,70	13,60	389,7	64,33	2,04	3,00	92,00
НСР <sub>05</sub>	–	1,21	0,53	–	1,11	–	0,68	–
$S_{\bar{x}}$	0,19	–	–	11,57	–	0,11	–	6,51

чем у последнего переданного на ГСИ голозерного сорта 'Майский' (14,48%). Масса 1000 зерен, в среднем, составила 41,70 г, что на 1,36 г выше стандарта.

По энергетической ценности зерна, а это, прежде всего, содержание сырого жира, 'Омский голозерный 4' имел достоверное преимущество (+0,39% к st. и +1,09% к сорту 'Майский'). Также наблюдалась повышенная крахмалистость зерна нового сорта (+0,49% к st.), которая, по мнению зарубежных авторов, положительно коррелирует с массой 1000 зерен и урожайностью (Baker et al., 1968).

Анализ сортов ячменя по сбору с единицы площади основных питательных элементов показал, что 'Омский голозерный 4' по данным показателям находится на уровне стандарта (сбор белка 389,7 кг/га, крахмала 2,04 т/га, сырого жира 92,0 кг/га). По отношению к последнему переданному на ГСИ голозерному сорту 'Майский' у нового сорта 'Омский голозерный 4', за счет повышенной урожайности (+0,73 т/га) наблюдалась прибавка по сбору белка, крахмала и сырого жира (+47,2, +39,0 и +42,4 кг/га соответственно).

Таким образом, новый сорт 'Омский голозерный 4' с учетом повышенной продуктивности дает возможность получать наибольший выход питательных веществ с единицы площади.

Создание и использование сортов голозерного ячменя, наиболее перспективных для определенного региона, требует их характеристики по адаптивности, пластичности, стабильности и стрессоустойчивости с целью выявления экологической ниши данных сортов (Nikolaev et al., 2018; Popolzukhin et al., 2018). Для получения достоверной оценки адаптивного потенциала сортов целесообразно проводить их экологическое испытание с использованием различных статистических методов оценки (Kadi et al., 2010; Saad et al., 2013).

Часто причиной высокого потенциала урожайности, но низкой его реализации в экстремальные годы может являться недооценка в селекционной работе крайне важного признака – экологической пластичности (Sadras, Slafer, 2012). Согласно методике S. A. Eberhart и W. A. Russell

(1966), показатель пластичности ( $b_i$ ) показывает реакцию сортов на изменение условий выращивания. Чем выше значение коэффициента ( $b_i > 1$ ), тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. Наиболее отзывчив на улучшение условий выращивания сорт 'Омский голозерный 4' ( $b_i = 1,25$ ); он увеличивал свою урожайность на 1,25 т/га при среднем повышении урожайности на 1,0 т/га (табл. 2). Также данный сорт формировал наиболее стабильную урожайность ( $\sigma^2 d = 4,8$ ).

Устойчивость сортов к стрессу имеет отрицательный знак, и чем он меньше, тем выше стрессоустойчивость сорта (Rossielle, Hemblin, 1981). Наиболее стрессоустойчив сорт 'Майский' ( $Y_{min} - Y_{max} = -1,35$ ). Среднее значение максимальной и минимальной урожайности отражает продуктивность в контрастных условиях, его компенсаторную способность. Данной характеристике соответствовал сорт 'Омский голозерный 4' ( $\frac{Y_{min} + Y_{max}}{2} = 3,29$ ).

C. Wricke (1962) предложил сумму квадратов взаимодействия делить на две части (эквиваленты  $W_i$ ), которые отдельные генотипы вносят в этот компонент анализа. Автором доказано, что чем меньше доля, вносимая сортом во взаимодействие «генотип × среда», тем он пластичнее в испытываемых условиях произрастания. В нашем опыте перечисленным требованиям соответствовал сорт 'Омский голозерный 4' ( $W_i = 0,344$ ).

В. В. Хангильдин (Khangildin, 1979) для расчета адаптивности использовал показатель гомеостатичности ( $Hom$ ). Он считал, что мерой гомеостаза служит способность сорта к меньшему снижению урожая при ухудшении условий выращивания. В нашем случае максимальная гомеостатичность зафиксирована у сорта 'Омский голозерный 4' ( $Hom = 0,116$ ), что на уровне стандарта ( $Hom = 0,118$ ).

А. А. Животков (Zhivotkov et al., 1994) при определении адаптивности сорта ( $KA$ ) рассчитывал отношение урожайности каждого из испытываемых сортов к среднесортовой урожайности сорта. Перевод абсолютных величин в проценты позволяет сравнивать поведение сортов. В наших исследованиях наиболее адаптивен сорт 'Омский голозерный 4' ( $KA = 103\%$ ).

**Таблица 2.** Показатели адаптивной способности голозерных сортов ячменя, в среднем за 2015–2017 гг.

**Table 2.** Adaptability indices of hulless barley cultivars, average for 2015–2017

Сорт	По S. A. Eberhart, W. A. Russell		По A. A. Rossielle, J. Hemblin		По C. Wricke	По В. В. Хангильдину	По А. А. Животкову
	$b_i$	$\sigma^2$	$Y_{min} - Y_{max}$	$\frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}$	$W_i$	$Hom$	$KA, \%$
Омский голозерный 2, st.	1,16	5,2	-2,17	2,90	0,408	0,118	98,0
Омский голозерный 4	1,25	4,8	-2,27	3,29	0,344	0,116	103,0
Майский	0,92	5,8	-1,35	3,04	0,919	0,171	99,0
$S_{\bar{x}}$	0,08	0,3	0,29	0,11	0,050	0,018	1,5

$b_i$  – экологическая пластичность;  $\sigma^2$  – стабильность;  $Y_{min} - Y_{max}$  – устойчивость к стрессу;  $\frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}$  – компенсаторная способность сорта;  $W_i$  – пластичность сорта;  $Hom$  – гомеостатичность,  $KA$  – коэффициент адаптивности.

### Закключение

1. Результатом многолетней селекционной работы Омского АНЦ стало создание трех голозерных сортов ячменя: 'Омский голозерный 2' (включен в Госреестр РФ по 9, 10 и 11 регионам); 'Омский голозерный 4' (передан на Государственное сортоиспытание в 2017 г.); 'Майский' (не включен в Госреестр РФ, но используется в селекционной работе в качестве исходного материала).

2. Новый сорт ячменя 'Омский голозерный 4', с учетом повышенной продуктивности (+1,36 г к st. по массе 1000 зерен и +0,73 т/га к сорту 'Майский'), имел выход питательных веществ с единицы площади на уровне стандарта 'Омский голозерный 2', но превышал сорт 'Майский' (+47,2 кг/га белка, +390 кг/га крахмала и +42,4 кг/га сырого жира).

3. Положительными характеристиками сорта 'Омский голозерный 4' являлись повышение урожайности при улучшении условий выращивания ( $b_i = 1,25$ ;  $W_i = 0,344$ ) и стабильность  $\sigma^2 = 4,8$ ). Также данный сорт обладал повышенной компенсаторной способностью ( $\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2} = 3,29$ ) и адаптивностью ( $KA = 103\%$ ).

4. Стандартный сорт 'Омский голозерный 2' характеризовался повышенной гомеостатичностью ( $Hom = 0,118$ ), сорт 'Майский' – стрессоустойчивостью ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -1,35$ ).

### References/Литература

- Baker R., Bendelov V., Buhannen K. (1968) Early generation inheritance of malting quality characters in barley cross. *Crop. Sci.*, vol. 8, no. 4, 55 p.
- Dospekhov B. A. (1985) Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat, 352 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агрпромиздат, 1985. 352 с.).
- Eberhart S. A., Russell W. A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, vol. 6, no.1, pp. 36-40.
- Goncharenko A. A. (2005) On adaptability and sustainability of cereal crop cultivars (Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kultur). *Bulletin of the RAAS (Vestnik RASKhN)*, 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).
- Gostev A. V., Pykhtin A. I., Nitchenko L. B. (2017) The influence of technologies on productivity of cereal crops in the Central Region of Russia (Vliyaniye tekhnologii na urozhaynost zernovykh kultur v usloviyakh Tsentralnogo regiona Rossii). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, no. 17(32), pp. 625-630 [in Russian] (Гостев А. В., Пыхтин А. И., Нитченко Л. Б. Влияние технологий на урожайность зерновых культур в условиях Центральной России // Международная мультидисциплинарная научная конференция СГЭМ, 2017, № 17(32). С. 625-630). DOI: 10.5593/sgem2017/32/S13.081
- Gryaznov A. A. (2017) Peculiarities of breeding work with hulless barley (Osobennosti selektsionnoy raboty s голозерным yachmenem). *News of Higher Education Institutions. Ural Region (Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedeniy. Uralskiy region)*, no. 2, pp. 103-109 [in Russian] (Грязнов А. А. Особенности селекционной работы с голозерным ячменем // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. 2017. № 2. С. 103-109).
- Gryaznov A. A., Kusheva O. V., Minaev E. A. (2016) The use of hulless barley varieties in animal husbandry (Ispolzovaniye sortov голозерного yachmenya v zhivotnovodstve). *Feeding of agricultural animals and fodder production (Kormleniye selskokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo)*, no. 6, pp. 16-21 [in Russian] (Грязнов А. А., Кущева О. В., Минаев Е. А. Использование сортов голозерного ячменя в животноводстве // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2016, № 6. С. 16-21).
- Gubanova V. M., Gubanov M. V. (2015) Studying hulless genotypes according to their productivity, biochemical composition and physical properties of seeds in the northern forest steppe of Tyumen Province (Izucheniye голозерных sortobraztsov po produktivnosti, biokhimicheskomu sostavu i fizicheskim svoystvam semyan v severnoy lesostepi Tyumenskoй oblasti). *National Association of Scholars (Natsionalnaya Assotsiatsiya Uchenykh)*, no. 3-7(8), pp. 5-58 [in Russian] (Губанова В. М., Губанов М. В. Изучение голозерных сортообразцов по продуктивности, биохимическому составу и физическим свойствам семян в северной лесостепи Тюменской области // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 3-7(8). С. 5-58).
- Kadi Z., Adjel F., Bouzerzour H. (2010) Analysis of the genotype X environment interaction of barley grain yield (*Hordeum vulgare* L.) under semi-arid conditions. *Advances in Environmental Biology*, no. 4(1), pp. 34-40.
- Khargildin V. V. (1979) The homeostasis of grain harvest components and the prerequisites for the development of a spring wheat cultivar model. Genetic analysis of quantitative plant characteristics (Gomeostaz komponentov urozhaya zerna i predposylki k sozdaniyu modeli sorta yarovoy pshenitsy. Geneticheskiy analiz kolichestvennykh priznakov rasteniy). Ufa: BF ANSSSR, pp. 5-39 [in Russian] (Хангильдин В. В. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшеницы. Генетический анализ количественных признаков растений. Уфа: БФ АНСССР, 1979. С. 5-39).
- Multivariate analysis of traits determining adaptation in cultivated barley (2001) (Mnogofaktornyy analiz priznakov, opredelyayushchikh adaptatsiyu v kultiviruyemom yachmene). *Plant Breeding (Selektsiya)*, no. 120(3), pp. 217-222 [in Russian] (Многофакторный анализ признаков, определяющих адаптацию в культивируемом ячмене // Селекция растений, 2001, № 120(3). С. 217-222). DOI: 10.1046/j.1439-0523.2001.00599.x
- Murugova G. A. (2016) Assessment of the source material of spring barley according to ecological plasticity in Primorsky Territory (Otsenka iskhodnogo materiala yarovogo yachmenya po ekologicheskoy plastichnosti v usloviyakh Primorskogo kraя). *Agricultural Bulletin of Primorye (Agrarnyy vestnik Primorya)*, no. 3(3), pp. 26-30 [in Russian] (Муругова Г. А. Оценка исходного материала ячменя по экологической пластичности в условиях Приморского края // Аграрный вестник Приморья. 2016. № 3(3). С. 26-30).
- Nikolaev P. N., Aniskov N. A., Yusova O. A. (2018) Plasticity, stability and adaptability of grain quality of spring barley varieties in the conditions of Omsk region (Plastichnost, stabilnost i adaptivnost kachestva zerna sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Omskoй oblasti). *Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy (Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii)*, 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). DOI: 10.18286/1816-4501-2018-1-43-48
- Popolzukhin P. V., Nikolaev P. N., Aniskov N. A., Yusova O. A., Safonova I. V. (2018) Evaluation of productivity and adaptive properties of spring barley varieties under conditions of the Siberian Irtysh region (Otsenka produktivnosti i adaptivnykh svoystv sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Sibirskogo Priirtyshya). *Arable Farming (Zemledeliye)*, no. 3, pp. 40-43 [in Russian] (Поползухин П. В., Николаев П. Н., Анисков Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья // Земледелие. 2018. № 3. С. 40-43). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309
- Robinson L. H., Juttner J., Milligan A., Lahnstein J., Eglinton J. K., Evans D. E. (2007) The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterisation of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type. *Journal of Cereal Science*, no. 45(3), pp. 343-352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012
- Rosselle A. A., Hemblin J. (1981) Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. Sci.*, vol. 21, no. 6, pp. 27-29.
- Saad F. F., El-Mohsen A. A., Al-Soudan I. H. (2013) Parametric statistical methods for evaluating barley genotypes in multi-environment trials. *World Essays Journal*, no. 1(4), pp. 125-136.
- Sadras V. O., Slafer G. A. (2012) Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crops Research*, pp. 215-224. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.11.014
- Sarkar B., Ram Sh., Verma R. P. S., Sarkar A. (2014) Identifying

superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, no. 1(74), pp. 26-33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004

*Tsandekova O. L., Neverova O. A.* (2017) Features of hullless barley in grain productivity and quality evaluation (review) (Osobennosti golozernogo yachmenya v otsenke produktivnosti i kachestva zerna (obzor)). *Grain Economy of Russia (Zernovoye khozyaystvo Rossii)*, no. 5(53), pp. 12-15 [in Russian] (Цандекова О. Л., Неверова О. А. Особенности голозерного ячменя в оценке продуктивности и качества зерна (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5(53). С. 12-15).

*Wricke C.* (1962) Under line method zur Ertassung der ecologischen Strenbreite in Feldversuchen *Z. Pflanzenzüchtung*, vol. 47, no. 1, pp. 92-96.

*Zheleznov A. V., Kokoev T. V., Zheleznova N. B.* (2013) Hullless barley: origin, distribution and prospects of use (Yachmen golozerny: proiskhozhdeniye, rasprostraneniye i per-

spektivny ispolzovaniya). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding (Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii)*, vol. 17, no. 2, pp. 286 - 297 [in Russian] (Железнов А. В., Кукоев Т. В., Железнова Н. Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 2. С. 286-297).

*Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I.* (1994) A method for identifying potential productivity and adaptability of winter wheat cultivars and breeding forms according to the 'yield' parameter (Metodika vyyavleniya potentsialnoy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu «urozhaynosti»). *Plant Breeding and Seed Production (Selektsiya i semenovodstvo)*, 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).

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Агробиологическая характеристика голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43

Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V. Agrobiological characteristics of hullless barley cultivars developed at Omsk Agrarian Scientific Center. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-38-43>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ СЕЛЕКЦИИ ВИР ПО ПОКАЗАТЕЛЮ «СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ» В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-44-51

УДК 631.527.14

Поступление/Received: 27.12.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

Н. И. АНИСЬКОВ, И. В. САФОНОВА, В. И. ХОРЕВА.

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

ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER RYE CULTIVARS  
DEVELOPED AT VIR IN THE CONTEXT OF THEIR GRAIN  
PROTEIN CONTENT IN THE ENVIRONMENTS  
OF LENINGRAD PROVINCE

N. I. ANISKOV, I. V. SAFONOVA, V. I. HOREVA.

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

**Актуальность.** В Ленинградской области озимая рожь – незаменимый злак для питания людей и кормления животных. В настоящее время наблюдается уменьшение площадей посева ржи. Изменить это положение возможно за счет выведения сортов ржи, обеспечивающих стабильно высокое содержание белка в широком диапазоне варьирования природных условий. **Объектом** исследований служили 9 сортов озимой ржи селекции Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР), созданных сотрудниками ВИР В. Д. Кобылянским (отдел генетических ресурсов овса, ржи и ячменя) и О. В. Солодухиной (отдел генетики) при реализации конкурсного проекта РАСХН «Разработать теоретические основы селекции сортов озимой ржи, пригодных для использования в комбикормовой, хлебопекарной и перерабатывающей промышленности (2004–2011 гг.)». **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2012–2017 гг. на опытных полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Было изучено 9 сортов низкопентозановой озимой ржи селекции ВИР. Сроки посева – в период с 28 августа по 11 сентября. Агротехника проведения опыта общепринятая для Северо-Западного региона. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. Норма высева – 350 зерен/м<sup>2</sup> или 3,5 млн всхожих зерен на гектар. Математическая обработка проведена дисперсионным анализом, рассчитаны параметры адаптивности, стабильности, пластичности и стрессоустойчивости сортов по признаку «содержание белка в зерне». **Результаты.** Среднее содержание белка в зерне исследуемых сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона составило 10,3% и варьировало от 8,7 до 12,2% в зависимости от условий среды и наследственных особенностей сортов. Это подтверждается результатами дисперсионного анализа: доля влияния на содержание белка фактора «год испытания» составила 71,9%. Лучшие условия для формирования повышенного содержания белка наблюдались в 2012, 2013 и 2016 г. (10,7, 11,9 и 12,2% соответственно). Анализ среднего содержания белка в зерне показал, что сорта 'Ильмень', 'Вавиловская', 'Красноярская универсальная', Новая Эра, 'Янтарная' превысили стандартный сорт 'Эра' на 1,0–10,0%. Наиболее адаптивными по содержанию белка в зерне в условиях Северо-Западного региона являются сорта озимой ржи 'Ильмень', 'Эра', 'Янтарная', Новая Эра, Рушник 2. Сумма рангов вышеназванных сортов по коэффициенту вариации (V), коэффициенту экологической пластичности (O), относительной стабильности признака (St<sup>2</sup>), коэффициенту гомеостатичности (Hom), а также по коэффициенту адаптивности (KA), показателю устойчивости к стрессу (Y min – Y max) и компенсаторной способности сорта (Y min + Y max/2) составила 13–31 единицу. **Заключение.** Сорта ржи 'Ильмень', 'Эра', 'Янтарная', Новая Эра, Рушник 2 обладают высокой адаптивностью и могут обеспечивать высокое содержание белка в зерне в широком диапазоне варьирования природных условий Северо-Западного региона РФ.

**Ключевые слова:** озимая рожь, сорт, адаптивность, гомеостатичность, генотип, среда, условия, потенциал, экологическая пластичность, стабильность, изменчивость, содержание белка в зерне, ранг, стрессоустойчивость

**Background.** In Leningrad Province, winter rye is an irreplaceable cereal crop for food and feed. At present, a reduction of the acreage under rye is observed. This situation may be changed by developing rye cultivars capable of maintaining high and stable protein content across variable natural environments. The **objective** of the research encompassed 9 winter rye cultivars developed by V. D. Kobylansky and O. V. Solodukhina at VIR, all recommended for cultivation in this area. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out in 2012–2017 in the fields of Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. Nine low-pentosan winter rye cultivars bred at VIR were analyzed. Sowing time was within the period from August 28 to September 11. Agricultural practice used in the experiments was conventional for the Northwestern Region. The area of the plot was 10 m<sup>2</sup>; there were three replications. Seeding rate was 350 seeds/m<sup>2</sup> or 3.5 million viable seeds per hectare. Analysis of variance was used for mathematical processing. Parameters of adaptability, stability, plasticity and stress resistance were calculated for the “grain protein content” indicator. **Results.** Protein content in grain for the studied winter rye cultivars in the environments of the Northwest region averaged 10.3% and varied from 8.7% to 12.2% depending on environmental conditions and hereditary features of the cultivars. It was confirmed by the results of the analysis of variance: the share of the ‘year of trial’ factor’s effect on protein content was 71.9%. The best conditions for increased protein content were observed in 2012, 2013 and 2016 (10.7%, 11.9% and 12.2%, respectively). The analysis of average protein content in grain showed that the cultivars ‘Ilmen’, ‘Vavilovskaya’, ‘Krasnoyarskaya universalnaya’, Novaya Era, ‘Yantarnaya’ exceeded the reference cultivar ‘Era’ by (1.0 – 10.0%). The most adaptable in the context of grain protein content under the conditions of the Northwestern Region were the winter rye cultivars ‘Ilmen’, ‘Era’, ‘Yantarnaya’, Novaya Era, and Rushnik 2. The sum of their ranks according to the coefficients of variation (V), environmental plasticity (O), relative trait stability (St<sup>2</sup>) and homeostasis (Hom), as well as each cultivar’s adaptability coefficient (AC), stress resistance level (Y min – Y max) and compensatory ability (Y min + Y max/2), was 13–31 units. **Conclusion.** Rye cultivars ‘Ilmen’, ‘Era’, ‘Yantarnaya’, Novaya Era, and Rushnik 2 possess high adaptability and can maintain high protein content levels in grain under widely varied environmental conditions in the Northwestern Region of Russia.

**Key words:** winter rye, cultivar, adaptability, homeostasis, genotype, environments, cultivation conditions, potential, environmental plasticity, stability, variability, grain protein content, rank, stress resistance

## Введение

Среди озимых зерновых рожь – одна из основных, хорошо приспособленных к условиям России культур. Однако в последнее время произошло сокращение площадей посевов ржи. Одна из основных причин уменьшения площади посева – несовершенство возделываемых в производстве сортов ржи. Исправить эту ситуацию можно за счет создания и внедрения в производство новых отечественных сортов, сочетающих адаптивность и потенциальную высококачественную продуктивность (Goncharenko, 2014; Kobulyansky, Solodukhina, 2013; Kobulyansky et al., 2015). Содержание белка в зерне наряду с урожайностью – важнейший показатель при оценке параметров пластичности, стабильности, гомеостатичности и стрессоустойчивости сорта, поскольку позволяет судить о его отзывчивости на улучшение или ухудшение условий возделывания. В зерне ржи, в зависимости от условий выращивания и сорта, содержится 9–17% белка, 52–63% крахмала, 1,6–1,9% жира. Белок озимой ржи по аминокислотному составу более сбалансирован, чем у пшеницы и других зерновых культур. Он богаче лизинном, треонином, фенилаланином и аргинином, которые определяют его биологическую ценность для организма человека и животных. Имеющиеся колебания процентного содержания белка, крахмала и жира большинство исследователей объясняют влиянием условий выращивания и генетическими особенностями сортов (Utkina, Kedrova, 2018; Kobulyansky et al., 2016; Shakirzyanov et al., 2010). Проблема получения стабильных и качественных урожаев была актуальной с первых лет возделывания озимой ржи в Северо-Западном регионе РФ. Разнообразие условий, а также резкие колебания погодных условий по годам – причины, которые направляют усилия селекционеров на создание экологически пластичных сортов, обеспечивающих достаточно высокие и качественные урожаи в благоприятных условиях возделывания и не снижающих их в стрессовых условиях. Чем менее приспособлен сорт к условиям внешней среды, тем в большей мере изменяется химический состав зерна под влиянием факторов среды, тем в большей степени варьирует качество продукции получаемого сорта. К сожалению, вопросы экологической пластичности сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона изучены недостаточно.

*Цель исследований* – дать всестороннюю оценку по признаку «содержание белка в зерне» экологической адаптивности, стабильности, пластичности и стрессоустойчивости низкопентозановых сортов озимой ржи селекции ВИР.

## Материалы и методы

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2012–2017 гг. на опытных полях Пушкинских лабораторий ВИР (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»). Сроки посева – в период с 28 августа по 11 сентября. Агротехника проведения опыта общепринятая для Северо-Западного региона. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. Норма высева – 350 зерен/м<sup>2</sup> или 3,5 млн всхожих зерен на гектар. Посев проведен селекционной сеялкой СФФК-7. В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения. Уборка проводилась в фазу полной

спелости селекционно-семеноводческим комбайном Samro 130. Содержание белка определяли в отделе биохимии ВИР под руководством кандидата биологических наук В. И. Хоревой.

Объектами исследований, результаты которых представлены в данной статье, являлись 9 сортов озимой ржи селекции ВИР, созданные сотрудниками ВИР В. Д. Кобылянским (отдел генетических ресурсов овса, ржи и ячменя) и О. В. Солодухиной (отдел генетики) при реализации конкурсного проекта РАСХН «Разработать теоретические основы селекции сортов озимой ржи, пригодной для использования в комбикормовой, хлебопекарной и перерабатывающей промышленности (2004–2011 гг.)». Ниже приведена краткая характеристика сортов и предсорт.

**'Ильмень'** (к-11000) – выведен методом многократных рекуррентных скрещиваний с донорами короткостебельности при систематических отборах до цветения и после созревания. Сорт среднепоздний, среднеустойчивый к полеганию, зимостойкость высокая, крупнозерный. Среднеустойчив к снежной плесени и мучнистой росе, восприимчив к бурой, сильно устойчив к стеблевым ржавчинам. До 2017 года районирован в Северо-Западном регионе.

**'Красноярская универсальная'** (к-11818) – создан отбором из сложной гибридной популяции от скрещивания 5 сортов и доноров ценных признаков «оптико-визуальным методом» и сложной гибридной популяции от скрещивания сибирских сортов 'Мининская', 'Енисейка', 'Короткостебельная 69', лучших 9 клоновых штаммов, характеризующихся низким содержанием арабиноксиланов (0,31–0,50%) в зерне. Среднеранний, устойчивость к полеганию высокая. Зимостойкость повышенная. Зерно светло-желтое, средней крупности. Характеризуется высокими хлебопекарными свойствами зерна. Допущен к использованию в 2018 году по Восточно-Сибирскому региону в качестве сорта зернофуражной ржи универсального использования.

**'Берегиня'** (к-11822) – создан с использованием «метода клоновых половинок» и «методом оптико-визуальной идентификации клонов» с низким ВАК в зерне из гибридной популяции {[(Ника × Эра) × Рушник] × Снежана} F<sub>3</sub> с последующим объединением в новую популяцию с низким (0,6–0,8%) содержанием водорастворимых арабиноксиланов (ВАК) в зерне. Сорт поздний, зимостойкий, устойчив к полеганию, зерно крупное. Умеренно устойчив к бурой ржавчине, восприимчив к фузариозу колоса. Восприимчив к снежной плесени. Районирован в 2016 году в качестве сорта хлебопекарной и зернофуражной озимой ржи в Северном и Северо-Западном регионах РФ.

**Ника 3** (к-11823) – предсорт, созданный с использованием «метода накопительных внутривидовых скрещиваний», «метода оптико-визуальной идентификации отбора тонкопокровных генотипов», «метода клоновых половинок» из сорта 'Ника' с последующим отбором для создания новой популяции Ника 3. Среднепоздний, высокозимостойкий, высокорослый, зерно средней крупности. Сорт рекомендован для возделывания в качестве сорта хлебопекарной и зернофуражной озимой ржи в Уральском регионе РФ с низким содержанием арабиноксиланов в зерне.

**Новая Эра** (к-11814) – предсорт, созданный «методом клоновых половинок» из популяции районированного сорта Эра. Были отобраны генотипы с низким содержанием арабиноксиланов по показателям биохимического

анализа с последующим объединением в популяцию. Поздний, длинностебельный, зимостойкость на уровне стандарта, среднеустойчив к полеганию, зерно крупное. Сорт рекомендован для возделывания в Северо-Западном регионе РФ в качестве сорта универсального использования и для селекции зернофуражной озимой ржи с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов в зерне во всех регионах России. Зерно пригодно для использования в комбикормовой, хлебопекарной, крупяной и перерабатывающей промышленности.

**Рушник 2** (к-11820) – предсорт, созданный с использованием «метода клоновых половинок» и «метода оптико-визуальной идентификации тонкопокровных низкопентозановых клонов» из популяции районированного сорта 'Рушник' и последующим объединением их в новую популяцию. Среднепоздний, высокорослый, зимостойкость высокая, устойчивость к полеганию выше средней, зерно средней крупности. Рекомендован для возделывания в Северо-Восточном регионе РФ в качестве сорта зернофуражной озимой ржи универсального использования, в том числе и для селекции.

**'Вавиловская'** (к-11819) – создан с использованием «метода клоновых половинок» при оптико-визуальной идентификации и отборе из популяции 17 доноров ценных признаков коллекции ВИР, в том числе лучших клонов с низким содержанием арабиноксиланов в зерне (0,42–0,60%). Сорт позднеспелый, среднерослый, зимостойкий, устойчивость к полеганию высокая, зерно сизое, крупное. Устойчив к бурой и стеблевой ржавчине, мучнистой росе. Допущен к использованию в 2016 году для возделывания в районах Центрального региона Европейской части РФ в качестве универсальной озимой ржи с низким содержанием арабиноксиланов в зерне. Пригоден для использования в хлебопекарной, крупяной, зернофуражной и перерабатывающей промышленности.

**'Янтарная'** (к-11804) – сорт-донор, созданный из сложной популяции оригинальным авторским «методом клоновых половинок», позволяющим отбирать лучшие генотипы растений из 20 доноров ценных признаков с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов (ВАК) по показателям биохимического анализа с последующим объединением лучших продуктивных клонов в новую популяцию. Сорт среднеспелый, высокорослый, высокозимостойкий, среднеустойчив к полеганию, зерно светло-желтое, крупное. Сорт районирован в 2018 году по Северо-Уральскому региону РФ в качестве сорта универсального использования.

**'Эра'** (к-11640) – создан индивидуально-семейным отбором из гибридной популяции, полученной после пятикратных беккроссов сорта 'Волхова' с донорами 'Тетера' и 'Саним'. Сорт среднепоздний, среднерослый, высокозимостойкий, устойчив к полеганию. Поражается незначительно бурой ржавчиной и снежной плесенью. Районирован в 2001 году по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому регионам.

Все перечисленные сорта относятся ко ржи диплоидной, озимой (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Koern.) (Kobylyansky et al., 2017).

Оценки и учеты проведены согласно методике ВИР по изучению и сохранению мировой коллекции ржи (Kobylyansky et al., 2015). Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа. В качестве меры определения относительной стабильности сорта используют

коэффициент вариации (Dospekhov, 1985):

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1)$$

где  $v$  – стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности;  $s$  – стандартное отклонение;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое содержание белка.

Коэффициент экологической пластичности рассчитывали по Д. И. Баранскому (Baransky, 1926), предложившему выразить ее формулой:

$$O = \frac{\bar{M}}{\sigma} \quad (2)$$

где  $O$  – коэффициент экологической пластичности;  $\bar{M}$  – среднее содержание белка;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

Метод Н. А. Соболева (Sobolev, 1980) основан на вычислении относительной стабильности признака по формуле:

$$St^2 = \frac{\bar{x}^2 - S^2}{\bar{x}^2} \quad (3)$$

где  $St^2$  – относительная стабильность признака;  $\bar{x}^2$  – средний урожай сорта;  $S^2$  – общая дисперсия содержания белка данного сорта.

В. В. Хангильдин (Khangildin, Asfondiyarova, 1977) предложил для расчета гомеостатичности использовать показатель (*Hom*):

$$Hom = \frac{\bar{x}}{cv} \quad (4)$$

где  $\bar{x}$  – средняя арифметическая величина содержания белка в зерне;  $cv$  – коэффициент вариации зерна.

Л. А. Животков (Zhivotkov et al., 1994) при определении пластичности рассчитывал коэффициент адаптивности (КА) для каждого года и сорта по формуле:

$$KA = (X_{ij} \times 100 : X) : 100 \quad (5)$$

где  $X_{ij}$  – содержание белка в зерне  $i$ -го сорта в  $j$ -й год испытания;  $X$  – среднее сортовое содержание белка в зерне.

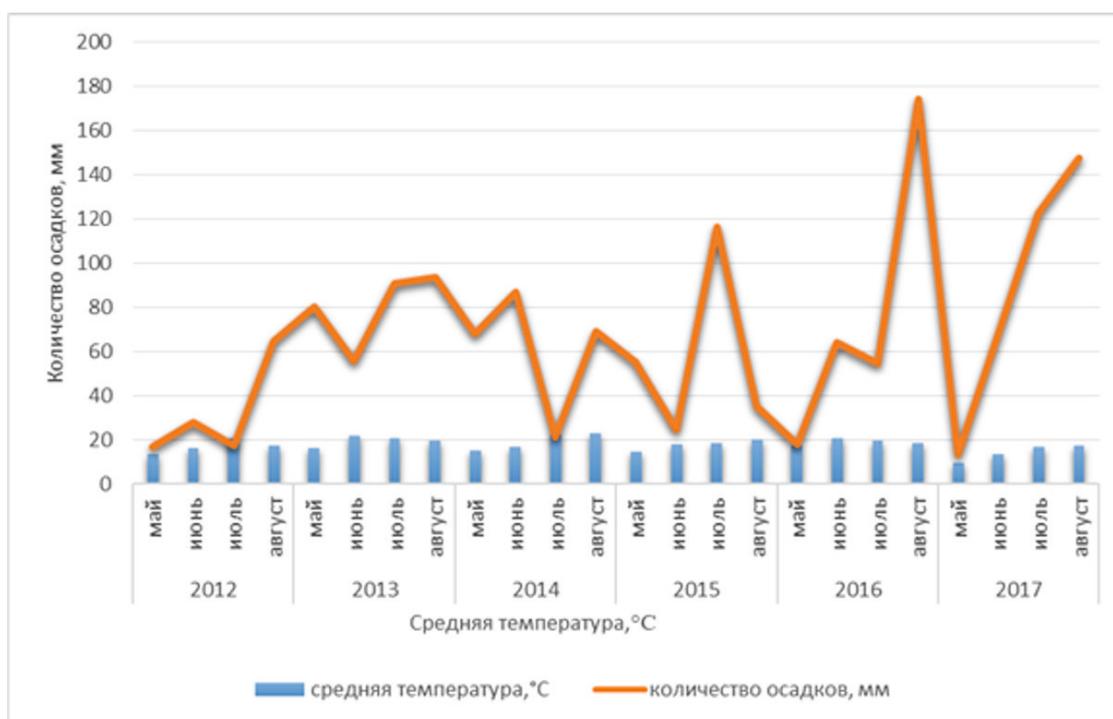
Устойчивость к стрессу и компенсаторную способность сорта определяли по А. А. Rossielle и J. Hemblin (Rossielle, Hemblin, 1981) в изложении А. А. Гончаренко (Goncharenko, 2005):

$$\text{Устойчивость к стрессу} = Y_{\min} - Y_{\max} \quad (6)$$

где  $Y_{\min}$  – минимальное содержание белка;  $Y_{\max}$  – максимальное содержание белка. Компенсаторную способность сорта рассчитывали по формуле:

$$\text{Компенсаторная способность} = Y_{\min} + Y_{\max} / 2 \quad (7)$$

По данным гидрометеорологического центра, в черте г. Пушкин (Ленинградская обл.) в период исследований 2012–2017 гг. сложились контрастные условия (рисунок).



**Рисунок.** Характеристика погодных условий вегетационных периодов 2012–2017 гг. (Ленинградская область)

**Figure.** Description of weather conditions in the growing seasons of 2012–2017 (Leningrad Province)

Период вегетации 2012 года характеризовался как засушливый, с повышенными температурами воздуха с мая по август (+0,9 ÷ +3,1°C) с недобором осадков за этот же период (-13,2 ÷ -54,8 мм). Достаточным увлажнением отличался период вегетации 2013 года: сумма осадков превышала среднемноголетние данные (май, июль, август: +38,1; +18,6; +16,0 мм соответственно) на фоне избытка тепла (+2,9 – +6,2°C). Превышением суммы среднесуточных температур с мая по август (+2,4 – +7,0°C) характеризовался период вегетации 2014 года на фоне недобора осадков в июле и августе (-50,8 ÷ -8,6 мм) и дождями ливневого характера в мае, июне. В 2015 году наблюдалось неравномерное распределение осадков: в июне, августе – недобор (-35 ÷ -42 мм) и превышение в мае, июле (+12,7 ÷ +44,0 мм) на фоне избытка тепла за этот же период (+0,8 ÷ +4,0°C). Достаточным увлажнением характеризовался период 2016 года: при недоборе осадков в мае (-24,4 мм) наблюдалось их превышение в июне, июле и августе (+4,4; +30,0; +96,7 мм) на фоне избытка тепла (+1,8 ÷ +7,4°C) за весь период. В 2017 году наблюдалось неравномерное распределение тепла и влаги. Недобор осадков в мае, июне (-32,6 ÷ -2,5 мм) менялся на их избыток в июле, августе (+43,5; +64,6 мм) при недостатке тепла в мае, июне, июле (-1,9 ÷ -2,3°C).

### Результаты и обсуждение

Основная задача производства – это не только получение высоких и стабильных урожаев, но и получение зерна высокого качества. В настоящее время недостаточное внимание уделяется изучению адаптивности сортов озимой ржи к условиям выращивания по показателям качества зерна. Эта проблема особенно актуальна в районах с резким проявлением неблагоприятных условий

климата, к которым относится Ленинградская область.

Хорошие погодные условия для формирования высокого содержания белка в зерне были благоприятными в 2012, 2013 и 2016 годах, в 2012 году оно составляло 9,1–12,4%, в 2013 – 10,9–13,4%, в 2016 – 11,0–13,5%. Неблагоприятными были оставшиеся три года, что негативно сказалось на содержании белка в зерне ржи, которое изменялось от 7,6 до 10,4%. Результаты анализа среднего содержания белка в зерне показали, что сорта 'Ильмень', 'Вавиловская', 'Красноярская универсальная', Новая Эра, Рушник 2, 'Янтарная' превысили стандартный сорт 'Эра' на 1,0–10,0% (табл. 1).

По мнению многих авторов, для объективной, полной характеристики сортов на первом этапе устанавливается наличие взаимодействия «генотип – среда» для изучаемых сортов. Методом двухфакторного дисперсионного анализа содержания белка в зерне установлено, что дисперсия как сорта, так и года достоверно превышает дисперсию ошибки. Это свидетельствует о разной реакции сортов на изменение климатических условий.

Доминирующее влияние на изменчивость признака «содержание белка в зерне» оказывал фактор «год» – 71,9%. Фактор «сорт» определяет проявление признака на 13,9% (табл. 2). Это позволяет проводить дальнейший расчет параметров экологической адаптивности. Существуют разнообразные методы математического анализа, с помощью которых можно учесть реакцию сортов на меняющиеся условия среды. В связи с этим актуальным являются сопоставления разных методов оценки адаптивности по размещающей способности, информативности, объективности. В данной работе использованы лишь некоторые из них.

На современном этапе часто используют коэффициент вариации по Б. А. Доспехову (Dospikhov, 1985). В прак-

**Таблица 1. Содержание белка в зерне у сортов озимой ржи селекции ВИР**  
**Table 1. Grain protein content in winter rye cultivars developed at VIR**

Сорт	Содержание белка в зерне по годам, %						Среднее	% к стандарту
	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Ильмень	12,4	12,0	10,4	9,5	11,6	9,4	10,9	110
Красноярская универсальная	11,8	12,6	9,9	8,6	12,7	8,8	10,7	108
Берегиня	10,8	12,0	9,9	7,6	11,0	8,1	9,9	100
Ника 3	9,5	12,0	9,7	8,0	13,5	8,2	10,2	103
Новая Эра	11,6	11,6	9,2	8,3	13,2	9,5	10,6	107
Рушник 2	9,1	10,9	10,2	9,8	12,3	8,2	10,1	102
Вавиловская	11,1	13,4	10,2	8,9	13,2	8,1	10,8	109
Янтарная	9,9	11,8	9,6	8,9	11,3	8,4	10,0	101
Эра (стандарт)	10,1	11,0	9,2	8,9	11,3	8,6	9,9	100
среднее	10,7	11,9	9,8	8,7	12,2	8,6	10,3	–
НСР <sub>0,5</sub>	0,51	0,55	0,40	0,38	0,51	0,40	–	–

**Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов озимой ржи по показателю «содержание белка в зерне»**

**Table 2. Results of two-factor analysis of variance for winter rye cultivars assessed according to their 'grain protein content' indicator**

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Среднее квадратичное	F		Доля вклада в %
				F <sub>факт</sub>	F <sub>0,5</sub>	
Общая	152,39	53	–	–	–	–
Сорта (A)	21,2	8	2,65	4,9	3,03	13,9
Годы (B)	109,7	5	21,9	39,8	4,4	71,9
Остаток (ошибка)	21,49	10	0,54	–	–	–

тике принято считать, что если коэффициент вариации менее 10% – изменчивость незначительная; средняя, если V выше 10%, но менее 20%; и значительная, если коэффициент вариации более 20%. Средняя изменчивость содержания белка в зерне отмечена у сортов 'Эра', 'Ильмень', 'Янтарная', Рушник 2. Содержание белка в зерне меняется более значительно у сортов 'Вавиловская', Ника 3 (табл. 3).

Один из первых методов оценки пластичности сортов был предложен Д. И. Баранским в 1926 г. Изучая урожай одних и тех же сортов, он заметил различное отношение сортов к окружающей среде: одни резко отзываются на всякие изменения последней, другие держат себя более независимо от условий, и поэтому урожай первых варьировал сильнее, чем вторых. В нашем случае наиболее пластичными по содержанию белка в зерне оказались сорта ржи 'Эра', 'Янтарная', 'Ильмень', Рушник 2. Более стабильно формировали повышенное содержание белка в зерне сорта Ника 3, 'Вавиловская', 'Красноярская универсальная', 'Берегиня', Новая Эра.

Н. А. Соболев (Sobolev, 1980) оценивает экологическую стабильность по показателю относительной стабильности признака ( $St^2$ ).

Значение показателя варьирует в пределах от 0 до 1; чем выше показатель стабильности, тем чаще способен сорт формировать высокое содержание белка в зерне.

Расчитанный показатель подтверждает стабильность высокого содержания белка в зерне сортов ржи 'Эра', 'Ильмень', 'Янтарная', Рушник 2, Новая Эра, 'Берегиня'.

В. В. Хангильдин (Khangildin, Asfondiyarova, 1977) использовал один из показателей, характеризующих устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды, – гомеостаз, являющийся способностью генотипа сводить к минимуму последствия воздействия неблагоприятных условий. С меньшей вариабельностью белка в зерне в изменяющихся условиях среды он связывал проявление высокой гомеостатичности. В нашей работе наиболее устойчивы к изменению условий выращивания по признаку «содержание белка в зерне» сорта ржи 'Ильмень', 'Эра', 'Янтарная', Рушник 2.

Л. А. Животков (Zhivotkov et al., 1994) для расчета адаптивности сорта общую видовую реакцию рассчитывал путем суммирования содержания белка в зерне отдельных сортов за год с последующим делением на общее число сортов. По коэффициенту адаптивности судят об адаптивных возможностях сорта. Если он больше 1,0%, то сорт способен увеличивать содержание белка в зерне. Расчитанные коэффициенты подтверждают высокую адаптивность содержания белка в зерне у сортов ржи Новая Эра, 'Ильмень', 'Красноярская универсальная', Низкие показатели адаптивности характерны для сортов 'Янтарная', 'Эра', 'Берегиня', Ника 3, Рушник 2 (табл. 4).

**Таблица 3. Параметры пластичности, стабильности, гомеостатичности качества зерна сортов озимой ржи**  
**Table 3. Parameters of plasticity, stability and homeostasis for grain quality of winter rye cultivars**

Сорт	Параметры адаптивности			
	V, %	O	St <sup>2</sup>	Hom
Ильмень	13,3	7,15	0,87	0,82
Красноярская универсальная	19,9	5,02	0,80	0,54
Берегиня	17,9	5,56	0,82	0,55
Ника 3	21,3	4,68	0,79	0,48
Новая Эра	17,7	5,64	0,82	0,60
Рушник 2	14,4	6,79	0,86	0,70
Вавиловская	21,0	4,76	0,79	0,51
Янтарная	13,7	7,3	0,86	0,73
Эра (стандарт)	12,4	8,05	0,88	0,80

V – коэффициент вариации, %; O – коэффициент экологической пластичности;  
 St<sup>2</sup> – относительная стабильность признака; Hom – коэффициент гомеостатичности

**Таблица 4. Показатели коэффициента адаптивности сортов озимой ржи**  
**Table 4. Adaptability coefficient values for winter rye cultivars**

Сорт	Коэффициент адаптивности (КА)						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	среднее
Ильмень	1,16	1,0	1,06	1,09	0,95	1,09	1,06
Красноярская универсальная	1,10	1,05	1,01	0,99	1,04	1,02	1,03
Берегиня	1,0	1,00	1,01	0,87	0,90	0,94	0,96
Ника 3	0,89	1,0	0,99	0,92	1,11	0,95	0,95
Новая Эра	1,08	0,97	0,94	0,95	1,08	1,10	1,10
Рушник 2	0,84	0,91	1,04	1,12	1,00	0,95	0,95
Вавиловская	1,03	1,13	1,04	1,02	1,08	0,94	0,94
Янтарная	0,93	0,99	0,98	1,02	0,93	0,98	0,98
Эра (стандарт)	0,94	0,92	0,94	1,02	0,93	1,0	0,96

В различных условиях выращивания, в оптимальных и экстремальных, важным показателем сортов является их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальным и максимальным содержанием белка в зерне. Этот параметр имеет отрицательный знак: чем он меньше, тем выше стрессоустойчивость сортов. В связи с этим все изучаемые сорта можно разделить на три класса:

1. С минимальной разницей (до -4,0): 'Эра', 'Ильмень', 'Янтарная';
2. Со средними значениями (-4,0... -5,0): 'Красноярская универсальная', 'Рушник 2', 'Берегиня';
3. С максимальной разницей (-5,0... -6,0): 'Ника 3', 'Вавиловская'.

Среднее значение максимальных и минимальных показателей содержания белка в зерне отражает содержание белка в зерне в контрастных условиях, его компенсаторную способность. Исходя из этого, все изучаемые сорта разделены на 2 группы:

1. Высокая компенсаторная способность: 'Ильмень', 'Ника 3', 'Вавиловская', 'Новая Эра', 'Красноярская универсальная';
2. Низкая компенсаторная способность: 'Рушник 2', 'Янтарная', 'Эра', 'Берегиня' (табл. 5).

Все вышеизложенные методы имеют определенные достоинства и недостатки, поэтому оценка сортов одним показателем недостаточно объективно отражает их пластичность и стабильность. Наиболее полную информацию дает сравнение методик, позволяющее давать оценку стабильности более точно. В этом случае целесообразно пользоваться принципом ранжирования сортов по параметрам, а оценку проводить по сумме рангов, полученной каждым сортом. При этом следует учитывать, что 1 – это наиболее высокий ранг, а 9 – ранг более низкий. В наших исследованиях большей устойчивостью к варьирующим условиям выращивания обладают сорта озимой ржи 'Ильмень' (стародавний), 'Эра' (стандарт) и низкопеленозные 'Янтарная', 'Новая Эра', 'Рушник 2' (табл. 6).

Таблица 5. Стрессоустойчивость содержания белка в зерне сортов озимой ржи

Table 5. Adaptability coefficient values for winter rye cultivars

Сорт	Y, т/га	Y <sub>min</sub> , т/га	Y <sub>max</sub> , т/га	Y min – Y max	Y min + Y max/2
Ильмень	10,9	9,4	12,4	-3,0	10,9
Красноярская универсальная	10,7	8,6	12,7	-4,1	10,6
Берегиня	9,9	7,6	12,0	-4,4	9,8
Ника 3	10,2	8,0	13,5	-5,5	10,7
Новая Эра	10,6	8,3	13,2	-4,9	10,7
Рушник 2	10,1	8,2	12,3	-4,1	10,3
Вавиловская	10,8	8,1	13,4	-5,2	10,8
Янтарная	10,0	8,4	11,8	-3,4	10,1
Эра (стандарт)	9,9	8,6	11,3	-2,7	10,0

Таблица 6. Ранжирование сортов озимой ржи по показателям адаптивности, определенным разными методами

Table 6. Ranking of winter rye cultivars according to their adaptability parameters calculated by different methods

Сорт	Ранг по							Сумма
	O	CV, %	St <sup>2</sup>	Ном	КА	Y min – Y max	Y min + Y max/2	
Ильмень	3	2	2	1	2	2	1	13
Красноярская универсальная	7	7	7	7	3	4	4	39
Берегиня	6	6	6	6	5	5	8	42
Ника 3	9	9	9	9	6	8	2	52
Новая Эра	5	5	5	5	1	6	3	30
Рушник 2	4	4	4	4	6	4	5	31
Вавиловская	8	8	8	8	7	7	2	48
Янтарная	2	3	3	3	4	3	6	24
Эра (стандарт)	1	1	1	2	5	1	7	18

### Заключение

1. На основе экспериментального материала из 6 использованных методов адаптивности следует обратить особое внимание на показатель гомеостатичности, показатели стабильности и стрессоустойчивости сортов.

2. Наиболее адаптивными сортами для возделывания озимой ржи на зерно в Северо-Западном регионе России являются сорта 'Ильмень' (стародавний), 'Эра' (стандарт) и низкопентозановые 'Янтарная', Новая Эра, Рушник 2, способные давать относительно высокое и стабильное качество зерна не только в благоприятных, но и в контрастных условиях.

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

### References/Литература

- Aniskov N. I., Kobylansky V. D., Safonova I. V. (2016) Assessment of ecological stability and plasticity of new winter rye cultivars in the Northwestern region (Otsenka ekologicheskoy stabilnosti i plastichnosti novykh sortov ozimoy rzhi v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona). *Eurasian Union of Scientists (Yevraziyskiy soyuz uchenykh)*, no. 3–3(24), pp. 118–121 [in Russian] (Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д., Сафонова И. В. Оценка экологической стабильности и пластичности новых сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона. Евразийский союз ученых. 2016. № 3–3(24). С. 118–121).
- Baransky D. I. (1926) Ecological plasticity and its role in the process of modifying a mixture of cultivars (Ekologicheskaya plastichnost i eya rol v protsesse "pererozhdeniya" sortosmesi). *Vidchit. Selektiv. Vid. Od. Kr. S.-G. Dosl. St.*, iss. II, pp. 81–91 [in Russian] (Баранский Д. И. Экологическая пластичность и ее роль в процессе перерождения сортосмеси // Відчит. селекц. від. Одес. крайов. с.-г. досл. ст., 1926, вып. II, с. 81–91).
- Dospekhov B. A. (1985) Methodology of field trial (Metodika

- polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat, 352 p. [in Russian] (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта*. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.).
- Goncharenko A. A. (2005) On adaptability and environmental sustainability of cereal crop cultivars (Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kultur). *Bulletin of the RAAS (Vestnik RASKhN)*, 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).
- Goncharenko A. A. (2014) Topical issues of winter rye breeding (Aktualnyye voprosy seleksii ozimoy rzhi). Moscow, 369 p. [in Russian] (*Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи*. М., 2014. 369 с.).
- Khangildin V. V., Asfondiyarova R. R. (1977) Expression of homeostasis in cultivated pea hybrids (Proyavleniye gomeostaza u gibridov gorokha posevnogo). *Biological Sciences (Biologicheskie nauki)*, no. 1, pp. 116–121 [in Russian] (*Хангильдин В. В., Асфондиярова Р. Р. Проявление гомеостаза у гибридов гороха посевного // Биологические науки*. 1977. № 1. С. 116–121).
- Kobylyansky V. D., Aniskov N. I., Safonova I. V., Horeva V. I., Solodukhina O. V. (2017) Donors and sources of valuable traits in winter rye with reference to breeding problems (Donory i istochniki tsennykh priznakov ozimoy rzhi primenitelno k zadacham seleksii). *Catalogue of the VIR Global Collection (Katalog mirovoy kollektsii VIR)*. Iss. 844. St. Petersburg: VIR, 2017, 38 p. [in Russian] (*Кобылянский В. Д., Аниськов Н. И., Сафонова И. В., Хорева В. И., Солодухина О. В. Доноры и источники ценных признаков озимой ржи применительно к задачам селекции. Каталог мировой коллекции ВИР*. Вып. 844. СПб.: ВИР, 2017. 38 с.).
- Kobylyansky V. D., Safonova I. V., Aniskov N. I. (2015) Productivity and adaptability parameters of low-pentosan winter rye cultivars developed at VIR under the conditions of the Northwestern Region (Urozhaynost i parametry adaptivnosti sortov nizkoptozanovoy ozimoy rzhi seleksii VIR v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona). In: Materials of the International Distance Scientific and Practical Conference 'Vital Trends of Scientific Research in the 21st Century: Theory and Practice' (Aktualnyye napravleniya nauchnykh issledovaniy 21 veka: Teoriya i praktika), no. 2, pp. 113–122 [in Russian] (*Кобылянский В. Д., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Урожайность и параметры адаптивности сортов низкопентозановой озимой ржи селекции ВИР в условиях Северо-Западного региона. Материалы международной заочной научно-практической конференции. Актуальные направления научных исследований 21 века: Теория и практика*. 2015. № 2. С. 113–122).
- Kobylyansky V. D., Safonova I. V., Solodukhina O. V., Aniskov N. I. (2015) Study and conservation of the global rye collection. Guidelines (Izucheniye i sokhraneniye mirovoy kollektsii rzhi. Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR, 44 p. [in Russian] (*Кобылянский В. Д., Сафонова И. В., Солодухина О. В., Аниськов Н. И. Изучение и сохранение мировой коллекции ржи. Методические указания*. СПб.: ВИР, 2015. 44 с.).
- Kobylyansky V. D., Solodukhina O. V. (2013) Theoretical fundamentals for breeding forage grain rye with low content of water-soluble pentosans. *Agricultural Biology*, no. 2, pp. 31–39 [in Russian] (*Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Теоретические основы селекции зернофуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов // С.-х. биология*. 2013. № 2. С. 3–39).
- Shakirzyanov A. H., Leshchenko N. I., Myzgaeva V. A., Kolesnikova N. V. (2010) Adaptability of winter rye cultivars bred at Bashkir Research Institute of Agriculture (Adaptivnost sortov ozimoy rzhi seleksii Bashkirskogo NIISKH). *Achievements of Science and Technology in Agroindustry (Dostizheniya nauki i tekhniki APK)*, no. 1, pp. 11–12 [in Russian] (*Шакирзянов А. Х., Лещенко Н. И., Мызгаева В. А., Колесникова Н. В. Адаптивность сортов озимой ржи селекции Башкирского НИИСХ // Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 1. С. 11–12).
- Sobolev N. A. (1980) The problem of selection and evaluation of breeding material (Problema otbora i otsenka selektsionnogo materiala). Kiev, pp. 100–106 [in Russian] (*Соболев Н. А. Проблема отбора и оценка селекционного материала*. Киев, 1980. С. 100–106).
- Utkina E. I., Kedrova L. I. (2018) Winter hardiness of winter rye: Problems and solutions (Zimostoykost ozimoy rzhi: problemy i resheniya). *Agrarian Science of Euro-Northwest (Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka)*, vol. 62, no. 1, pp. 11–18 [in Russian] (*Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения // Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. Т. 62, № 1. С. 11–18).
- Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. (1994) Methods of detecting potential productivity and adaptability in cultivars and breeding forms of winter wheat according to their 'yield' indicator (Metodika vyyavleniya potentsialnoy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhaynosti"). *Plant Breeding and Seed Production (Selektsiya i semenovodstvo)*, 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). <http://earthpapers.net/ekologicheskaya-plastichnost-sortov-yarovoy-pshenitsy-v-uloviyah-severnogo-kazhstana#ixzz5iimGRCrT>

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Анисков Н. И., Сафонова И. В., Хорева В. И. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ВИР по показателю «содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 44–51. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-44-51

Aniskov N. I., Safonova I. V., Horeva V. I. Adaptive potential of winter rye cultivars developed at VIR in the context of their grain protein content in the environments of Leningrad province. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 44–51. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-44-51

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-44-51>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ЕВРОПЕЙСКИХ ОБРАЗЦОВ ОВСА В УСЛОВИЯХ КУБАНСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-52-58

УДК 633.13:631.52

Поступление/Received: 06.02.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

Н. П. ВОЙЦУЦКАЯ<sup>2</sup>, И. Г. ЛОСКУТОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44; [i.loskutov@vir.nw.ru](mailto:i.loskutov@vir.nw.ru)

<sup>2</sup> Кубанская опытная станция ВИР, филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), 352183 Россия, Краснодарский край, пос. Ботаника, ул. Центральная, 2

BREEDING VALUE OF EUROPEAN OAT ACCESSIONS IN THE ENVIRONMENTS OF KUBAN EXPERIMENT STATION OF VIR

N. P. VOYTSUTSKAYA<sup>2</sup>, I. G. LOSKUTOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) 42–44 Bolshaya Morskaya St. Petersburg 190000, Russia; [i.loskutov@vir.nw.ru](mailto:i.loskutov@vir.nw.ru)

<sup>2</sup> Kuban Experiment Breeding Station of VIR, 2 Tsentralnaya St., Botanika, Krasnodar Terr. 352183, Russia; [voycuckaya63@mail.ru](mailto:voycuckaya63@mail.ru)

**Актуальность.** Для создания новых, адаптивных к разнообразным условиям среды сортов овса, обладающих высоким потенциалом продуктивности, высоким качеством продукции, достаточно скороспелых, устойчивых к полеганию и болезням, требуется хорошо изученный исходный материал. Выделение источников по основным хозяйственно ценным признакам – одна из основных задач изучения мирового разнообразия коллекции овса.

**Результаты и выводы.** В статье представлены результаты изучения образцов овса стран западной и центральной Европы из коллекции ВИР в условиях Кубанской опытной станции ВИР (КОС ВИР) – филиала ВИР (Краснодарский край). Оценку образцов в поле проводили по признакам продолжительности вегетационного периода, устойчивости к полеганию и короткостебельности, устойчивости к заболеваниям. В лабораторных условиях был проведен структурный анализ, определена масса 1000 зерен, число колосков и зерен в метелке, масса зерна с метелки и с растения, пленчатость зерновок. В результате трехлетнего комплексного полевого изучения новейших селекционных сортов овса из стран Западной Европы в условиях КОС ВИР были выделены источники селекционных признаков: устойчивости к полеганию, устойчивости в полевых условиях к корончатой ржавчине, высоких показателей элементов структуры урожайности (массы 1000 зерен, массы зерна с метелки, числа зерен с метелки, зерновой продуктивности). Определено, что при использовании исходного материала для селекции овса необходимо, помимо важных хозяйственно ценных признаков, особое внимание уделять крупности зерна, так как этот показатель, по нашим данным, имеет наиболее существенную связь с зерновой урожайностью конкретного образца. Выделенные источники ценных селекционных признаков могут быть включены в селекционные программы Краснодарского края и других регионов Российской Федерации.

**Ключевые слова:** овес, коллекция, изучение, источники, селекционные признаки.

**Background.** For the present-day oat breeding, the task is to develop adaptive cultivars with high yield potential, high quality of products, fairly early-ripening habit, and resistance to lodging and diseases. Breeding new cultivars with a complex of valuable characters, high yield, and high quality of products under varied environmental conditions requires well-studied source material. Selection of sources according to the basic economically useful traits is one of the main objectives in the study of the global diversity preserved in the oat collection. **Results and conclusion.** The article presents the results of studying the oat accessions from Western and Central European countries, preserved in the VIR collection, under the conditions of Kuban Experimental Station of VIR (Krasnodar Terr.). Evaluation of the accessions in the field was targeted at such crop characters as the duration of the growing season, resistance to lodging, and field resistance to rust diseases. A structural analysis was performed in the laboratory to measure the weight of 1000 grains, the number of spikelets and grains per panicle, grain weight per panicle and per plant, and percentage of grain hullness. As a result of a three-year comprehensive field study of the newest oat cultivars bred in Western Europe in the environments of Kuban Experimental Station of VIR, sources of traits useful for breeding were identified, such as lodging resistance, field resistance to crown rust, high yield structure components (1000 grain weight, grain weight per panicle, number of grains per panicle, grain productivity). When using source materials in oat breeding practice, in addition to economically important traits, special attention should be paid to grain size, since this character, according to our data, has the most significant correlation with the grain yield of a cultivar. The identified sources of traits valuable for breeding may be included in breeding programs of Krasnodar Territory and other regions of the Russian Federation.

**Key words:** oats, collection, research, sources of traits, valuable for breeding

## Введение

Овес (*Avena L.*) – важная зерновая и зернофуражная культура разностороннего использования. Зерно овса используют при производстве продуктов питания – круп, овсяных хлопьев, толокна, галет, суррогата кофе, овсяного молока. Благодаря хорошей усвояемости эти продукты имеют большое значение в диетическом и детском питании. Зерно овса отличается от других зерновых культур повышенным содержанием белка и липидов, содержит уникальные вещества, обладающие антиоксидантными свойствами (Loskutov, 2007). Оптимальное сочетание в зерне белков, углеводов и жиров, высокое содержание селена и кремния, наличие β-глюканов определяют его иммуномоделирующие свойства. Овес относится к наиболее ценным зернофуражным культурам; его питательная ценность принята за единицу, с содержанием 82–92 г. перевариваемого протеина. Зерно овса является незаменимым кормом для лошадей, племенных животных и молодняка крупного рогатого скота, свиней, птицы и используется в виде целого или дробленого зерна, муки и отрубей. Широко распространены посевы овса на зеленый корм, силос, сенаж в чистом виде или в смеси с бобовыми, что увеличивает ее кормовую ценность.

Мировые посевные площади овса занимают около 20 млн га. – пятое место в мире после пшеницы, риса, кукурузы и ячменя. Россия занимает первое место по площадям возделывания овса (около 20% мировых). Большие площади этой культуры в Канаде, Польше, Финляндии и Белоруссии. Основная зона возделывания овса в РФ находится в районах умеренного увлажнения, потому что овес хуже других зерновых культур переносит почвенную и воздушную засуху.

На юге России, несмотря на периодические засухи, овес может давать высокие урожаи. В 2017 г. в Краснодарском крае овес выращивался на площади более 8 тыс. га, и при урожайности 33,9 ц/га его валовой сбор составил более 30 тыс. тонн (<http://krsdstat.gks.ru/>). Однако, районированный в крае и занимающий основные площади сорт 'Валдин 765' из-за недостаточной засухоустойчивости нестабилен по урожайности. Наличие разнообразных природно-климатических зон в Краснодарском крае указывает на необходимость широкого сортового разнообразия по этой культуре.

В селекции овса в настоящее время стоит задача создания адаптивных сортов, обладающих высоким потенциалом продуктивности, высоким качеством продукции, достаточно скороспелых, устойчивых к полеганию и болезням. Наиболее эффективным способом решения этой проблемы является создание и использование в производстве новых сортов.

Необходимо создавать сорта, хорошо приспособленные к гидротермическим условиям региона, с оптимальной продолжительностью вегетационного периода (Komarova, Sorokina, 2014).

Продолжительность вегетационного периода – очень важный признак; он напрямую связан с урожайностью зерна, его качеством и посевными свойствами семян, и поэтому лучшими по продуктивности будут среднеранние и среднеспелые сорта овса. Получение потенциально высокого урожая этой культуры должно сочетаться с другими хозяйственно ценными признаками и устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам (Rodionova et al., 1994).

Высота растений овса подвержена сильной изменчивости в зависимости от условий возделывания. Этот признак в большинстве случаев влияет на устойчи-

вость к полеганию, что влияет на конечную урожайность сорта (Loskutov, 2007). Полегание зависит от ряда метеорологических и агротехнических условий. Генетически обусловленными свойствами растений, обеспечивающих устойчивость, являются морфологические, анатомические и механические свойства стебля и корневой системы (Soldatov, Loskutov, 1987; Medvedev, Medvedeva, 2007). При полегании у овса увеличивается пленчатость, уменьшается озерненность метелки. В большей степени развиваются болезни, затрудняется механизированная уборка, что приводит к потерям зерна до 50%, снижается масса 1000 зерен, энергия прорастания и всхожесть (Plotnikova, 1994).

Одним из важнейших требований к современным сортам сельскохозяйственных культур является невосприимчивость к биотическим стрессорам, которая позволяет снизить или исключить применение пестицидов, получать гарантированный урожай (Nazarova, Sokolova, 2000; Schpaar et al., 2003). Создание устойчивых сортов является универсальным методом борьбы с болезнями и вредителями, важным условием повышения и стабильности урожая, получения продукции высокого качества, сохранения экологического равновесия (Loskutov, 2007; Soldatov, Loskutov, 1987).

В системе интегрированной защиты растений от болезней одним из приоритетных направлений является селекция на иммунитет (Vavilov, 1986). Создание сортов, сочетающих хозяйственно ценные признаки с устойчивостью к наиболее опасным болезням, и использование таких сортов в производстве, кроме экономической выгоды за счет снижения потерь и повышения гарантии получения высоких урожаев, позволит подавить численность популяций возбудителей болезней и снизить расход фунгицидов (Schmalz, 1973). В зоне исследований на посевах овса наибольшее распространение и вредоносность имеют корончатая ржавчина (*Puccinia coronata* Cda. f. sp. *avenae* Fraser et Led.) и стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *avenae* Eriks.), снижающие продуктивность растений, а также семенные и технологические качества зерна. В результате поражения корончатой ржавчиной у растений происходит нарушение ассимиляции, понижение ферментативной активности, усиление транспирации, преждевременное усыхание листового аппарата, при этом снижается засухоустойчивость и изменяются репродуктивные органы (Shkalikov et al., 2003; Dmitriev, 2000). Семена зараженных растений становятся щуплыми, во время молотбы такие семена отходят вместе с мякиной. Пораженная ржавчиной солома буреет, становится сухой, хрупкой и полегает (Rubin, Artsikhovskaya, 1960). Среди мер защиты растений от разнообразных заболеваний, вызываемых паразитическими грибами, наиболее радикальным средством борьбы является введение в культуру иммунных сортов или создание таковых путем скрещивания (Rodionova, Soldatov, 1977).

Одним из важных показателей качества зерна и посевного материала является пленчатость. Чем ниже пленчатость, тем выше пищевые и кормовые достоинства зерна. Содержание пленок повышается в засушливых условиях, а также в годы с избыточным увлажнением или когда растения полегают и поражаются ржавчиной. Сорта, имеющие меньшую пленчатость, дают крупную лучшую вкусовых качеств (Batalova et al., 2008; Mitrofanov, Mitrofanova, 1972). Чем выше пленчатость зерна, тем больше в нем клетчатки, а значит и кормовые достоинства такого зерна ниже. Это сортовой признак, который в значительной мере связан с почвенно-климатическими условиями выращивания. При неблагоприятных факторах внешней среды формирование и созревание зерна идет ненормально. В конеч-

ном счете это приводит к снижению его качества. В годы с плохим наливом зерна содержание пленок увеличивается, а масса 1000 зерен падает (Роров, 1986).

Ценность сорта определяется его продуктивностью, которая складывается из таких показателей, как число колосков и зерен в метелке, масса зерна с метелки и с 1 растения и масса 1000 зерен. Масса 1000 зерен является одним из важнейших элементов структуры урожая, на данный признак оказывают значительное влияние погодные условия, нарушение влагообеспеченности и минерального питания растений в период формирования и налива зерна. Наиболее эффективным признаком для отбора высокопродуктивных форм является масса 1000 зерен. Сорта, отличающиеся в засушливых условиях выполненным, крупным зерном, имеют повышенную засухоустойчивость. Чем меньше изменяется масса 1000 зерен у сортов, тем выше их экологическая пластичность и приспособленность к местным условиям возделывания (Batalova, 2000).

Известно, что селекционная работа начинается с подбора исходного материала. Успех селекционной работы, как отметил Н. И. Вавилов, в значительной мере определяется исходным материалом (Vavilov, 1966).

Для создания новых сортов, обладающих комплексом ценных признаков, высокой урожайностью и высоким качеством продукции в разнообразных условиях среды, требуется хорошо изученный исходный материал. Выделение источников по основным хозяйственно ценным признакам – одна из основных задач изучения мирового разнообразия овса, представленного в коллекции отдела генетических ресурсов овса, ржи, ячменя Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) (Loskutov, 2007).

Целью работы явилось изучение коллекционных образцов овса из стран западной и центральной Европы в условиях Кубанской опытной станции ВИР (КОС ВИР) для выявления источников ценных селекционных признаков и включения их в селекционные программы РФ.

### Материал и методика исследований

В связи с тем что в странах Западной Европы уровень урожайности овса довольно высок и сорта, используемые там, обладают высоким уровнем зерновой продуктивности и хозяйственно ценных признаков, нами было проведено изучение образцов последних поступлений в коллекцию ВИР из стран Европейского континента. Материалом для исследований послужили 50 новейших селекционных сортов овса, зарегистрированных и разрешенных к использованию в двенадцати странах Западной Европы: Германии – 30 сортов; Франции – 5; Польши – 4; Швеции – 3 и по одному сорту из Норвегии, Финляндии, Дании, Великобритании, Швейцарии, Австрии, Венгрии и Чехии.

Исследования проводили в условиях КОС ВИР с 2015 по 2017 г. Сравнительную оценку образцов проводили на делянках площадью 2 м<sup>2</sup>. В качестве стандарта использовали сорт 'Валдин 765', который высевали через каждые 20 делянок. Предшественник – горох, убираемый на зерно. Агротехника общепринятая в зоне. Закладку опытов и изучение проводили в соответствии с «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (Guidelines..., 1973) и (Loskutov et al., 2012), руководствуясь «Международным классификатором СЭВ рода *Avena* L.» (International Descriptor List..., 1974).

Оценку образцов в поле проводили по признакам продолжительности вегетационного периода, устойчивости к полеганию и короткостебельности, устойчивости к заболеваниям. В лабораторных условиях был проведен структурный анализ, определена масса 1000 зерен, число колосков и зерен в метелке, масса зерна с метелки и с рас-

тения, пленчатость зерновок.

Агрометеорологические условия за годы проведения изучения различались по гидротермическому режиму. Повышенными температурами и неравномерным выпадением осадков отличался 2015 г. – средняя температура за летний период превысила среднемноголетние показатели на 1,4 °С и составила 23,4 °С. В семи (из девяти) декадах летних месяцев зафиксировано превышение среднемноголетних температур воздуха. Абсолютный максимум температур июля составил 41,7°, августа – 40,3 °С. Дожди шли в мае и начале июня. В мае выпало 107 мм, в июне 82, что на 45 и 6 мм выше нормы соответственно. В июле и августе отмечался недостаток осадков (4 и 51 мм соответственно). Относительная влажность воздуха в июле составила 62%, что на 1% ниже нормы, в августе – 46%, что на 17% ниже среднемноголетних значений; кроме того, были отмечены суховеи. Неустойчивое распределение осадков в сочетании с высокой температурой воздуха с суховеями во второй половине лета способствовало плохому наливу зерна.

Условия 2016 г. были благоприятными для оценки изучаемого материала на устойчивость к полеганию и устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчине. Среднемесячная температура весеннего периода была 12,2 °С при норме 10,3 °С, осадков выпало 216 мм при среднемноголетней норме 147 мм. Средняя температура воздуха летних месяцев составила 23,4 °С, что на 1,5° выше многолетних данных. Абсолютный максимум температуры, 39,8 °С, зарегистрирован во второй декаде июля. Сумма осадков составила 232 мм при норме 184 мм; дожди выпадали в сопровождении сильного ветра. Двадцать третьего июня зарегистрирован ливневый дождь с выпадением града. За 1 час выпало 28,3 мм осадков. Град продолжался в течение 20 минут, диаметр градин достигал 26 мм, что способствовало сильному полеганию растений.

В 2017 г. весна была прохладной и дождливой. Всего осадков выпало 221 мм, что на 74 мм больше нормы. Сумма активных температур за весенний период составила 736 °С, недостаток составил 59 °С. Летний период характеризовался резкими колебаниями среднесуточных температур воздуха, дневных и ночных, в июне и июле месяце. Среднемесячная температура за сезон составила 23,3 °С, отклонившись на 1,3° от нормы. Осадков выпало в пределах средней многолетней нормы – 182 мм. В целом 2017 г. был благоприятным для раскрытия потенциальной продуктивности изученных сортов овса.

Таким образом, метеоусловия за весь период исследования смогли послужить хорошим фоном для проведения первичной оценки европейских сортов овса в условиях Краснодарского края.

### Результаты исследований

#### *Продолжительность вегетационного периода.*

В условиях КОС ВИР фаза выметывания – более надежный критерий по определению спелости, чем фаза созревания, поскольку наступление восковой спелости и полной спелости зерна приходится на середину июля – самый пик высоких температур и суховейных восточных ветров. Кроме того, точную дату естественного полного созревания не всегда удается установить, так как часто созревание у всех сортов наступает практически одновременно. За 2015–2017 гг. продолжительность вегетационного периода образцов варьировала незначительно – от 64,5 до 64,9 дней. В 2015 г. средняя продолжительность периода всходы-выметывание составила 64,9 с колебаниями от 58 (к-15420, Франция) до 72 дней (к-15396, Дания). В 2016 г. средняя продолжительность

периода всходы-выметывание составила 64,5 с колебаниями от 59 (к-15420, Франция) до 72 дней (к-15398, Великобритания). В 2017 г. средняя продолжительность периода всходы-выметывание составила 64,6 дня и варьировала от 60 (к-15404, Франция; к-15426, Германия) до 73 дней (к-15404, Дания; к-15398, Великобритания). Сравнение данных показало, что большая часть изучаемого набора представлена среднеспелыми сортами. Наиболее продолжительный период всходы-выметывание отмечен у образцов 'Trekornet Gul' (к-15396, Дания), 'Progress' (к-15398, Великобритания); 'Furman' (к-15416) и 'Firth' (к-15417) из Германии. Самыми раннеспелыми были сорта 'Leniak' (к-15420) и 'Warva' (к-15426) из Германии; 'Belino' (к-15403) из Франции. Выметывание и созревание выделившихся сортов отмечено на уровне скороспелого стандартного сорта 'Валдин 765' (к-14574).

#### *Высота растений и устойчивость к полеганию.*

Результаты изучения коллекционных образцов в условиях КОС ВИР показали значительную изменчивость данного признака по годам.

В условиях неустойчивого увлажнения 2015 г. средняя высота растений имела наименьшее значение и составила 95,2 см. Все изучаемые образцы также имели минимальную высоту растений, которая варьировала от 73 до 130 см. Полегание проявилось слабо, поскольку полегание зерновых культур в большей степени зависит от высоты растений.

Сильное полегание отмечалось в 2016 г. Часто выпадающие дожди в сопровождении ветра, развитая надземная масса благодаря предшественнику (горох на зерно) послужили хорошим естественным фоном для оценки образцов. Среднее значение высоты растений в 2016 г. составило 116,1 с колебаниями от 90 до 150 см. Устойчивость к полеганию в среднем по опыту составила 3,9 балла, с колебаниями от 1,0 до 9,0 баллов. Высокорослые образцы полегли сильно (балл 1), лишь сорт 'Minue' (к-15404) из Франции показал среднюю устойчивость (5 баллов). Короткостебельные образцы также полегли очень сильно, кроме сорта 'Belino' (5 баллов). Полную устойчивость (9 баллов) проявили среднерослые образцы (таблица), из них пять образцов из Германии показали урожайность на 108–122% выше стандарта – 'Genziana' (к-15417), 'Malin' (к-15421), 'Prelekt' (к-15423), 'Symphony' (к-15472), 'Krezus' (к-15419).

В 2017 г. показатели средней высоты растений имели самые большие значения. Высота стеблестоя варьировала от 100 до 168 при среднем значении по опыту 124,4 см. Устойчивость к полеганию составила 8,2 с колебаниями от 3,0 до 9,0 баллов.

Анализ трехлетних данных показал, что погодные условия влияют на высоту растений овса, которая была ниже у всех изучаемых образцов в 2015 г. Наиболее высокими за все годы изучения были 'Minue' – 153,3 см, 'Progress' – 137,6 и 'Trekornet Gul' – 136,0. Устойчивость к полеганию этих образцов – 1–5 баллов. Самую короткую соломинку за годы изучения имели образцы 'Belino' – 90,0 и 'Japeloup' (к-15402) из Франции – 95,3 см (устойчивость к полеганию – 7 баллов).

#### *Устойчивость к болезням.*

За годы исследований в естественных условиях было отмечено проявление таких заболеваний, как корончатая ржавчина (*Puccinia coronata* Cda. f. sp. *avenae* Fraser et Led.) и стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *avenae* Erikss.). Оценка устойчивости коллекционных образцов к этим болезням проводилась в благоприятные для развития патогенов 2016 и 2017 г. Поражение коллекционных образцов оценивали в баллах (1–9). Сильнее других (3 балла) возбудителем корончатой ржавчины поража-

лись образцы 'Firth' и 'Steinar' (к-15471, Финляндия). Устойчивость (9 баллов) проявили сорта 'SW Margaret' (к-15395, Швеция), 'Genziana', 'Kalle' (к-15466), 'Nike' (к-15467), 'Poseidon' (к-15468), 'Fux' (к-15506), 'Max' (к-15512), 'Oberon' (к-15513) из Германии и 'Minue' (к-15404) из Франции. Наибольшее заражение возбудителем стеблевой ржавчины (5 баллов) отмечалось на образцах 'SW Margaret', 'Hecht' (к-15407, Германия), 'Ticco' (к-15406, Австрия). Устойчивыми (7 баллов) оказались образцы 'Belino', 'Japeloup', 'Auteuil' (к-15400, Франция), 'Rasputin' (к-1540), 'Warva' (к-15426), 'Fux', 'Poseidon', 'Raven' (к-15405, Чехия).

Большое значение для использования в селекции имеют сорта, обладающие комплексной устойчивостью к болезням. Изучение исходного материала позволило выделить группу сортов, устойчивых к корончатой и стеблевой ржавчине одновременно (таблица) – 'Trekornet Gul', 'Auteuil' (к-15400, Франция), 'Fux', 'Poseidon', 'Warva' (Германия).

#### *Зерновая продуктивность.*

Ценность сорта определяется его продуктивностью, которая складывается из таких показателей, как число колосков и зерен в метелке, масса зерна с метелки и с 1 растения, масса 1000 зерен.

Масса 1000 зерен является одним из важнейших элементов структуры урожая; на данный признак оказывают значительное влияние погодные условия, нарушение влагообеспеченности и минерального питания растений в период формирования и налива зерна. Образцы 'SW Ingeborg' (к-15394, Швеция), 'Raitar' (к-15424), 'Warva', 'Minue' имели величину этого показателя 41,2–43,2 г. Слабое изменение массы 1000 зерен (36,0–37,6 г) сорта 'Malin' указывает на его биологическую пластичность.

По признаку число колосков в метелке выделились сорта, значительно превысившие стандарт 'Валдин 765' (36,1 шт.): 'Furth', 'Krezus', 'Cwal' (к-15429, Польша) (61–65 шт.).

Анализ взаимосвязи количественных признаков с урожайностью зерна показал, что в условиях КОС ВИР зерновая продуктивность овса формируется в основном за счет показателя массы 1000 зерен, которая в оптимальных погодных условиях 2017 г. достигала средней величины ( $r = 0,48$ ).

Изученные образцы по признаку число зерен в метелке варьировали в пределах от 19,3 до 74,3 шт. По сравнению со стандартом 'Валдин 765' (37,1 шт.), выделились сорта 'Trekornet Gul', 'Krezus', 'Leniak': 67,9–74,3 шт.

Наибольшей массой зерна с метелки (2,2 г) обладали сорта 'Krezus' и 'Leniak' по сравнению со стандартом 'Валдин 765' – 1,3 г.

Оценка коллекционного материала по проценту пленчатости позволила выделить образцы, сочетающие низкую пленчатость с высокой продуктивностью: 'Rajtar', 'Duffy' (к-15410), 'Krezus', 'Roky' (к-15470) из Германии; 'Ringsaker' (15469, Норвегия) – пленчатость в пределах 16–22%, урожайность зерна 819–949 г/м<sup>2</sup> (таблица).

Масса зерна с единицы площади – наиболее существенный показатель хозяйственной ценности сорта. В настоящее время производству нужны сорта со стабильной урожайностью независимо от предшественника и погодных условий года. В зависимости от генотипических особенностей изучаемых образцов и погодных условий урожайность за годы исследований варьировала от 385 у сорта 'Progress' до 1075 г/м<sup>2</sup> у сорта 'Simon' (к-15515, Германия). Наиболее высоким и стабильным урожаем зерна обладали сорта из Германии, в среднем за 3 года превысившие стандартный сорт на: 'Zorro' (к-15516) – 23%, 'Krezus' – 22%, 'Simon' – 19%, 'Duffy' – 20%, 'Symphony' – 19%, 'Husky' (к-15418) – 19% и другие (таблица).

Таблица. Характеристика выделенных образцов овса по хозяйственно ценным признакам, КОС ВИР, 2015–2017 гг.  
 Table. Characteristics of the identified oat accessions according to their economically useful traits, Kuban Experiment Station of VIR, 2015–2017

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Продолжительность периода всхождений выметывание, дн.	Устойчивость к ржавчине, балл		Высота, см	Устойчивость к полеганию, балл	Пленчатость, %	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>	% к St.
				короначатой	стеблевой						
14574	Валдин 765, st.	Краснод. край	60,3	5	7	111,3	9	39,7	33,3	681,7	100
15396	Trekornet Gul	Дания	68,7	7	7	136,0	7	21,5	21,5	399,3	59
15400	Auteuil	Франция	63,0	7	9	103,3	5	31,5	33,1	591,3	87
15404	Minue	«	65,3	7	9	153,3	7	29,5	32,9	567,7	83
15406	Fux	Германия	66,7	7	7	110,3	5	22,5	30,7	763,3	112
15409	Rasputin	«	65,3	5	7	114,0	5	25,5	29,4	778,7	114
15410	Duffy	«	61,3	5	5	109,3	9	22,0	29,0	814,7	120
15417	Genziana	«	67,3	7	5	105,0	9	23,5	31,5	738,3	108
15418	Husky	«	62,3	5	5	114,0	5	19,0	31,2	810,3	119
15419	Krezus	«	65,6	7	5	111,0	7	23,5	29,9	829,3	122
15421	Malin	«	65,0	5	5	105,7	9	28,0	36,8	740,0	109
15422	Pergamon	«	64,0	5	5	111,0	5	29,5	34,6	764,0	112
15423	Prelektst	«	65,7	7	7	106,0	9	21,0	37,6	758,0	111
15424	Rajtar	«	65,7	5	5	111,7	5	21,5	33,5	763,3	112
15425	Rocky	«	65,0	5	5	104,3	5	25,0	32,7	763,7	112
15426	Warwa	«	62,3	7	9	108,3	7	18,5	37,6	726,0	107
15468	Poseidon	«	67,0	7	7	109,7	5	26,0	35,1	757,3	111
15469	Ringsaker	Норвегия	65,0	5	5	109,3	7	19,7	31,8	730,0	107
15470	Roky	Германия	66,7	5	5	106,7	7	16,4	31,2	749,7	110
15472	Symphony	«	66,7	5	5	116,3	9	24,0	35,3	811,0	119
15515	Simon	«	66,3	5	5	107,0	5	22,0	27,7	810,0	119
15516	Zorro	«	63,0	5	5	104,0	5	30,0	34,5	835,3	123
НСР <sub>05</sub>			7,12			11,3		5,4	4,8	70,2	9,9

Примечание: St.– стандарт

По результатам исследований можно выделить образцы по комплексу хозяйственно ценных признаков:

1. сочетающие неполегаемость с продуктивностью: 'Duffy', 'Krezus', 'Symphony';
2. продуктивные, устойчивые к болезням: 'Rasputin', 'Krezus';
3. неполегающие, устойчивые к болезням: 'Trekornet Gul', 'Minue', 'Genziana';
4. продуктивные, с высокими показателями элементов структуры урожая: 'Zorro', 'Simon'.

### Заключение

В результате трехлетнего комплексного полевого изучения 50 новейших селекционных сортов овса из стран Западной Европы в условиях КОС ВИР были выделены источники селекционных признаков:

- устойчивости к полеганию – 'SW Ingeborg' (к-15394) из Швеции; 'Genziana' (к-15417), 'Krezus' (к-15419) и 'Prelekt' (к-15423) из Германии;
- устойчивости в полевых условиях к корончатой ржавчине – 'SW Margaret' (к-15395, Швеция), 'Trekornet Gul' (к-15396, Дания), 'Minue' (к-15404, Франция), 'Genziana' (к-15417), 'Kalle' (к-15466), 'Nike' (к-15467) и 'Poseidon' (к-15468) из Германии;
- устойчивости к стеблевой ржавчине – 'Auteuil' (к-15400), 'Japeloup' (к-15402) и 'Belino' (к-15403) из Франции; 'Raven' (к-15405, Чехия); 'Rasputin' (к-15409), 'Warva' (к-15426), 'Poseidon' (к-15468) и 'Fux' (к-15406) из Германии; 'Bohun' (к-15428, Польша);
- высоких показателей элементов структуры урожайности: массы 1000 зерен – 'Warva' (к-15426), 'Prelekt' (к-15423) и 'Malin' (к-15421) из Германии; числа колосков в метелке – 'Firth' (15415, Германия); массы зерна с метелки – 'Krezus' (к-15419, Германия); массы зерна с 1 растения – 'Dominik' (к-15411) и 'Zorro' (к-15516) из Германии; числа зерен с метелки – 'Leniak' (к-15420, Германия); с низкой пленчатостью – 'Husky' (к-15418), 'Krezus' (к-15419) и 'Duffy' (к-15410, Германия); зерновой продуктивности – 'Zorro' (к-15516), 'Duffy' (к-15410), 'Symphony' (к-15472), 'Krezus' (к-15419) и 'Simon' (к-15515) из Германии.

При использовании исходного материала для селекции овса необходимо, помимо важных хозяйственно ценных признаков, особое внимание уделять крупности зерна, так как этот показатель, по нашим данным, имеет наиболее существенную связь с зерновой урожайностью конкретного образца.

Все выделенные образцы могут быть рекомендованы для включения в селекционные программы Краснодарского края и других территорий Северо-Кавказского региона Российской Федерации.

*Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по темам: № 0662-2018-0015 и № 0662-2019-0006*

### References/Литература

Batalova G. A. (2000) Oats. Cultivation technology and breeding (Oves. Tekhnologiya vozdevlyvaniya i selektsiya). Kirov, 200 p. [in Russian] (Баталова Г. А. Овес. Технология возделывания и селекция. Киров, 2000. 200 с.).

Batalova G. A., Lisitsyn I. I., Rusakova I. I. (2008) Biology and genetics of oats (Biologiya i genetika ovsa). Kirov: Zonal NIISh of the N.-E., 456 p. [in Russian] (Баталова Г. А., Лисицын И. И., Русакова И. И. Биология и генетика овса. Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. 456 с.).

Dmitriev A. P. (2000) Rust in oats (Rzhavchina ovsa). St. Petersburg, 112 p. [in Russian] (Дмитриев А. П. Ржавчина овса. СПб., 2000. 112 с.).

Federal State Statistics Service of the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea (Krasnodarstat) <http://krsdstat.gks.ru/> [in Russian] (Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея (Краснодарстат) <http://krsdstat.gks.ru/>).

Guidelines for the study of the world collection of barley and oats (1973) (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa). Leningrad: VIR, 31 p. [in Russian] (Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л. : ВИР, 1973. 31 с.).

International Descriptor List of COMECON for the genus *Avena* (1974) (Mezhdunarodny klassifikator SEV roda *Avena*). Leningrad; Czechoslovakia, Prague, 72 p. [in Russian] (Международный классификатор СЭВ рода *Avena*. Л. ; ЧССР, Прага, 1974. 72 с.).

Komarova G. N., Sorokina A. V. (2014) Results of the study of collection material for oats breeding (Rezultaty izucheniya kolleksionnogo materiala dlya selektsii ovsa) *Siberian Journal of Agricultural Science* (Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki), no. 3, pp. 49–55 [in Russian] (Комарова Г. Н., Сорокина А. В. Результаты изучения коллекционного материала для селекции овса // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 3. С. 49–55).

Loskutov I. G. (2007) Oats (*Avena* L.). Distribution, systematics, evolution and breeding value (Oves (*Avena* L.) Rasprostraneniye, sistematika, evolyutsiya i selektsionnaya tsennost). St. Petersburg., 336 p. [in Russian] (Лоскутов И. Г. Овес (*Avena* L.) Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. СПб., 2007. 336 с.).

Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. (2012) Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa). St. Petersburg, 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., 2012. 63 с.).

Medvedev A. M., Medvedeva L. M. (2007) Breeding and genetic potential of cereal crops and its use in modern conditions (Selektsionno-geneticheskiy potentsial zernovykh kultur i yego ispolzovaniye v sovremennykh usloviyakh). Moscow, 127 p. [in Russian] (Медведев А. М., Медведева Л. М. Селекционно-генетический потенциал зерновых культур и его использование в современных условиях. М., 2007. 127 с.).

Mitrofanov A. S., Mitrofanova K. S. (1972) Oats (Oves). Moscow: Kolos, 171 p. [in Russian] (Митрофанов А. С., Митрофанова К. С. Овес. М. : Колос, 1972. 171 с.).

- Nazarova L. N., Sokolova E. A. (2000) Progressive diseases of cereal crops (Progressivnyye bolezni zernovykh kultur). *Agro XXI*, no. 4, pp. 2–3 [in Russian] (Назарова Л. Н., Соколова Е. А. Прогрессирующие болезни зерновых культур // *Агро XXI*. 2000. № 4. С. 2–3).
- Plotnikova N. P. (1994) Breeding and agricultural practices for cereal and forage crops and potatoes in the north of Tomsk Province (Selektsiya, agrotehnika zernovykh i kormovykh kultur i kartofelya na severe Tomskoy oblasti). In: Collection of Scientific Papers (Sbornik nauchnykh trudov). Novosibirsk, pp. 9–17 [in Russian] (Плотникова Н. П. Селекция, агротехника зерновых и кормовых культур и картофеля на севере Томской области. Сборник научных трудов. Новосибирск, 1994. С. 9–17).
- Popov P. M. (1986) What determines the yield and quality of oats (Chto opredelyayet urozhay i kachestvo ovsy). *Grain Farming (Zernovoye khozyaystvo)*, no. 6, p. 26 [in Russian] (Попов П. М. Что определяет урожай и качество овса // *Зерновое хозяйство*. 1986. № 6. С. 26.).
- Rodionova N. A., Soldatov V. N. (1977) The source material for breeding oats for disease resistance. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*, vol. 58, p. 134 [in Russian] (Родионова Н. А., Солдатов В. Н. Исходный материал для селекции овса на устойчивость к болезням // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Л., 1977. Т. 58. С. 134).
- Rodionova N. A., Soldatov V. N., Merezhko V. N. et al. (1994) Cultivated flora. Oats (Kulturnaya flora. Oves). Eds.: V. D. Kobylansky and V. N. Soldatov. Moscow: Kolos, 367 p. [in Russian] (Родионова Н. А., Солдатов В. Н., Мережко В. Н. и др. Культурная флора. Овес / под ред. В. Д. Кобылянского и В. Н. Солдатова. М.: Колос, 1994. 367 с.).
- Rubin B. A., Artsikhovskaya E. V. (1960) Biochemistry and physiology of plant immunity (Biokhimiya i fiziologiya immuniteta rasteniy). Moscow, 320 p. [in Russian] (Рубин Б. А., Арциховская Е. В. Биохимия и физиология иммунитета растений. М., 1960. 320 с.).
- Schmalz H. (1973) Plant breeding (Selektsiya rasteniy). Moscow: Kolos., 295 p. [in Russian] (Шмальц Х. Селекция растений. М.: Колос., 1973. 295 с.).
- Schpaar D., Hartleb H., Shpanakakis A., Fisher H., Kratsch G. (2003) Stability of the variety as an integral element of integrated plant protection (Ustoychivost sorta kak sostavnoy element integrirovannoy zashchity rasteniy). *Plant Protection Bulletin (Vestnik zashchity rasteniy)*, no. 1. pp. 8–15 [in Russian] (Шнаар Д., Хартлеб Х., Шпанакакис А., Фишер Х., Крацш Г. Устойчивость сорта как составной элемент интегрированной защиты растений // *Вестник защиты растений*. 2003. № 1. С. 8–15.).
- Shkalikov V. A., Beloshapkina O. O., Bukreev D. D. (2003) Plant protection from diseases (Zashchita rasteniy ot bolezney). Moscow: Kolos, 255 p. [in Russian] (Шкаликов В. А., Белошапкина О. О., Букреев Д. Д. Защита растений от болезней М.: Колос, 2003. 255 с.).
- Soldatov V. N., Loskutov I. G. (1987) Study of lodging in oats by direct and indirect methods in the environments of the North-West of the RSFSR (Izucheniyе poleganiya ovsy pryamymi i kosvennymi metodami v usloviyakh Severo-Zapada RSFSR). In: Genetics and breeding of rye and grain forage crops (Genetika i selektsiya rzhii i zernofurazhnykh kultur). *Scientific and Technical Bulletin of VIR (Nauchno-tekhnicheskii byulleten VIR)*, iss. 169, pp. 75–77 [in Russian] (Солдатов В. Н., Лоскутов И. Г. Изучение полегания овса прямыми и косвенными методами в условиях Северо-Запада РСФСР // *Научно-технический бюллетень ВИР. «Генетика и селекция ржи и зернофуражных культур»*. 1987. Вып. 169. С. 75–77).
- Vavilov N. I. (1966) The main tasks of the Soviet breeding and ways of their implementation. (Osnovnye zadachi sovetskoy selektsii i puti ikh osushchestvleniya). In: The problem of the initial material (Problema iskhodnogo materiala). Selected Works (Izbrannye sochineniya). Genetics and breeding (Genetika i selektsiya). Moscow: Kolos, pp. 20–122 [in Russian] (Вавилов Н. И. Основные задачи советской селекции и пути их осуществления // В кн.: Проблема исходного материала. Избранные сочинения. Генетика и селекция. М.: Колос, 1966. С. 20–122).
- Vavilov N. I. (1986) The concept of plant immunity to infectious diseases (with regard to the requirements of plant breeding) (Ucheniye ob immunitete rasteniy k infektsionnym zabolovaniyam (Primenitelno k zaprosam selektsii)). In: Plant Immunity to Infectious Diseases (Immunitet rasteniy k infektsionnym zabolovaniyam). Moscow: Nauka, pp. 915–935 [in Russian] (Вавилов Н. И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (Применительно к запросам селекции) // В кн.: Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. М.: Наука, 1986. С. 915–935).

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Войцуцкая Н. П., Лоскутов И. Г. Селекционная ценность европейских образцов овса в условиях Кубанской опытной станции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019; 180(1): 52–58. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-52-58

Voitsutskaia N. P., Loskutov I. G. Breeding value of european oat accessions in the environments of Kuban Experiment Station of VIR. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019; 180(1): 52–58. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-52-58

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-52-58>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СВЯЗИ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ СПАРЖЕВОЙ ВИГНЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-59-65

УДК 635.657:631.526

Поступление/Received: 11.01.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

М. В. ГУРКИНА

Федеральный исследовательский центр  
Всероссийский институт генетических ресурсов  
растений имени Н. И. Вавилова (ВИР),  
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;  
✉ m.gurkina-08@mail.ru

VARIABILITY AND CORRELATIONS  
OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS IN COWPEA FROM  
THE VIR COLLECTION IN THE ENVIRONMENTS  
OF ASTRAKHAN PROVINCE

M. V. GURKINA

N. I. Vavilov All-Russian Institute  
of Plant Genetic Resources (VIR),  
42-44 Bolshaya Morskaya St.,  
St. Petersburg 190000, Russia;  
✉ m.gurkina-08@mail.ru

**Актуальность.** Проблема дефицита растительного белка и необходимости диверсификации сельскохозяйственной продукции требуют вовлечения в производство новых и малоизвестных культур, к которым можно отнести вигну. Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) – высокобелковая зернобобовая культура, селекция которой интенсифицировалась в РФ только в последние годы. Изучение коллекции ВИР, осуществляемое на Астраханской опытной станции ВИР (АОС ВИР) – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), позволяет выявить ее селекционный потенциал. Цель работы: в условиях Астраханской области изучить диапазон изменчивости и выявить взаимозависимость хозяйственно ценных признаков спаржевой (овощной) вигны. **Материалы и методы.** В 2008–2010 гг. на опытном участке Астраханской опытной станции ВИР проведено изучение 33 образцов спаржевой вигны из коллекции ВИР по изменчивости 12 фенотипических признаков. Определено значение положительных и отрицательных связей между признаками: межфазные периоды (цветение, техническая спелость и созревание семян), форма куста, длина стебля и длина до первого боба, длина и масса боба, число семян в бобе, наличие пергаментного слоя и волокна в створках боба, продуктивность бобов с растения, число бобов и цветоносов, масса семян с растения и масса 1000 семян. **Результаты и заключение.** Средние значения изменчивости характерны для таких признаков, как межфазные периоды всходы–техническая спелость и всходы–созревание семян, число семян в бобе, масса 1000 семян – коэффициент вариации (CV = 15–18%). Высокие показатели отмечены для признаков: длина и масса боба (CV = 26–32%); форма куста, длина стебля, длина стебля до первого боба (CV = 35–37%). Наибольший диапазон изменчивости проявили количественные признаки продуктивности образцов вигны: число бобов с растения (CV = 33–49%), число цветоносов (CV = 38–51%) и масса семян с растения (CV = 38–44%), что означает значительную подверженность урожайности вигны погодным условиям. За трехлетний период полевого изучения самыми низкими показателями изменчивости хозяйственно ценных признаков характеризовались образцы раннеспелой группы: k-668 и k-873 из Китая; среднеспелой группы: k-971 из Индии; позднеспелой группы: k-141 из Китая. Продуктивность бобов спаржевой вигны в наибольшей степени зависит от средних величин числа бобов с растения ( $r = 0,73$ ) и числа цветоносов ( $r = 0,71$ ). Выявленные связи элементов продуктивности позволяют оптимизировать работу по отбору образцов для получения новых высокопродуктивных сортов.

**Ключевые слова:** вигна, коэффициент вариации, продуктивность, корреляция признаков

**Background.** The problem of a deficit in vegetable protein and the need to diversify agricultural produce require involvement of new and little-known crops, such as cowpea, in the production. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is a high-protein leguminous crop; its breeding and production have been intensified in Russia only in recent years. The study of the VIR collection, carried out at the Institute's branch in Astrakhan, makes it possible to disclose the crop's breeding potential. Objective: Studying the range of variability and tracing the relationships of economically valuable traits in vegetable (green pod) cowpea under the conditions of Astrakhan Province. **Materials and methods.** In 2008–2010, a study was implemented at an experiment plot of the Astrakhan branch of VIR. Thirty-three accessions of green pod cowpea from the VIR collection were studied to analyze the variability of 12 phenotypic traits. Positive and negative correlations were identified between the following characters: interphase periods (flowering, industrial ripeness and seed maturation), shape of the shrub, lengths of the stem and to the first pod, length and weight of the pod, number of seeds per pod, presence of a parchment layer and fiber in pod valves, pod yield per plant, number of pods and peduncles, seed weight per plant, and weight of 1000 seeds. **Results and conclusion.** Medium variability was observed for such characters as the interphase periods 'shoots–industrial ripeness' and 'shoots–seed maturation', number of seeds per pod, and weight of 1000 seeds: the coefficient of variation (CV) was 15–18%. High variation was registered for the length and weight of the pod (CV = 26–32%), shrub shape, stem length, and length of the stem up to the first pod (CV = 35–37%). The widest ranges of variability were demonstrated in the quantitative yield characters of cowpea accessions: number of pods per plant (CV = 33–49%), number of flower stalks (CV = 38–51%), and seed weight per plant (CV = 38–44%), which means that cowpea yield is quite susceptible to weather conditions. During the three years of studying, the lowest levels of variability in economically valuable traits were characteristic of the accessions of the early-ripening group: k-668 and k-873 (China); mid-ripening group: k-971 (India); and late-ripening group: k-141 (China). Cowpea pod productivity depended to the greatest degree from mean values of the number of pods per plant ( $r = 0,73$ ) and the number of peduncles ( $r = 0,71$ ). The identified correlations in the productivity components make it possible to optimize the selection of accessions promising as source materials for the development of new high-yielding cultivars.

**Key words:** cowpea, variability, coefficient of variation, productivity, correlation of traits

## Введение

Проблема дефицита растительного белка актуальна во всем мире. Недостаток полноценного растительного белка приводит к ухудшению продовольственного обеспечения населения продуктами питания, перерасходу кормов и повышению себестоимости животноводческой продукции. Главным источником такого белка являются зернобобовые культуры, которые к тому же способствуют сохранению плодородия почвы, снижению применения азотных минеральных удобрений, получению экологически чистой продукции. Для этих целей в каждой почвенно-климатической зоне следует подобрать такую зернобобовую культуру, которая способна наиболее полно реализовать свои биологические возможности (Demuyanenko et al., 2015).

В числе актуальных задач современного растениеводства – привлечение в сельскохозяйственное производство новых и нетрадиционных культур, диверсификация использования и повышение качества растениеводческой продукции. Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), которую еще называют коровьим горохом, относится к числу культур, селекция которых интенсифицировалась в России только в последние годы. Первыми современными сортами спаржевой вигны, включенными в Госреестр в 2006 году, стали сорта ‘Сибирский размер’ и ‘Юньаньская’ селекции Центрального Сибирского ботанического сада (ЦСБС). В настоящее время в России районировано 19 сортов вигны, большая часть которых выведены фирмой «Гавриш». Все сорта рекомендованы для личных подсобных хозяйств; при этом 18 сортов – овощного направления использования (спаржевая вигна) и один – зернового (State register..., 2017). Необходимо отметить, что именно спаржевая вигна, пригодная для потребления в отварном и жареном виде, для консервирования и заморозки, пользуется наибольшим спросом у населения.

Биологические особенности вигны позволяют выращивать ее в экстремальных условиях: при высоких температурах, небольшом количестве осадков и на бедных почвах, в частности в Астраханской области. Здесь, на Астраханской опытной станции ВИР (АОС ВИР) – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова, в течение длительного времени происходит поддержание всхожести и изучение коллекции вигны ВИР (Gurkina, 2009; Gurkina, Burlyaeva, 2012).

В процессе изучения коллекции выявляют степень изменчивости признаков, важных для селекционного улучшения культуры, их варьирование в зависимости от условий выращивания и корреляции между признаками. Цель исследований – изучить в условиях Астраханской области диапазон изменчивости хозяйственно ценных признаков спаржевой вигны и установить взаимосвязи между ними.

## Материалы и методы исследований

Объектом исследований служили 33 образца спаржевой вигны – *V. unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) – из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Эти образцы выделены нами ранее по итогам оценки значительно большей выборки как источники признаков или комплекса признаков, ценных для селекции. Полевые опыты проведены в 2008–2010 гг. на земельном участке Астраханского филиала ВИР Астраханская опытная станция, расположенного в Камызякском районе Астраханской области в зоне закаспийских пустынь и дельты Волги. Климат области засушливый и резко континентальный. Почвы на опытном участке аллювиально-луговые,

тяжелосуглинистые. Предшественник – рис. Подготовка почвы и агротехника на опытном участке соответствовала требованиям культуры и рекомендациям для возделывания пропашных культур. Посев проводился вручную в первой декаде мая по схеме 140 x 10 см, площадь делянки составила 8,4 м<sup>2</sup>, без повторений, стандартный сорт высевался через 20 образцов. В качестве стандарта использовали сорт ‘Сибирский размер’. В течение вегетации проведены четыре полива дождеванием нормой 250 м<sup>3</sup>/га в наиболее лимитирующие по отсутствию влаги периоды: посев-всходы, нарастание вегетативной массы (перед цветением), завязывание и налив бобов, а также две механизированные обработки междурядий.

В 2008 году среднесуточная температура воздуха за период вегетации (май-октябрь) равнялась 20,0°C (на 0,8 выше средней многолетней) с максимумом 25,5°C в июле и максимальной температурой в первой декаде августа – 37,0°C. Сумма осадков составила 91,6 мм, что на 13,9 мм ниже нормы. В 2009 году среднесуточная температура воздуха была на уровне средней многолетней с максимумом в июле 25,2°C, что на 5,9°C выше нормы. Сумма осадков составила 111,4 мм. В 2010 году в летние месяцы наблюдалась аномально жаркая погода, среднесуточная температура воздуха превысила норму на 2,2°C. Максимальные показатели температуры зафиксированы в июне, июле и августе 36,0, 40,5 и 40,0°C соответственно. За это время не выпало ни миллиметра осадков.

Изучение образцов проводили в соответствии с «Методическими указаниями по изучению коллекции зерновых бобовых культур» (Vishnyakova et al., 2018) с использованием «Международного классификатора видов рода *Vigna* Savi» (Burlyaeva et al., 2016). Было изучено 15 признаков: межфазные периоды всходы-цветение, всходы-техническая спелость, всходы-созревание семян; форма куста; длина стебля, длина до первого боба, длина боба; число семян в бобе; содержание пергаменты и волокна в створках бобов; масса боба; продуктивность бобов с растения; число бобов с растения и число цветоносов; масса семян с растения и масса 1000 семян. Для них были определены парные коэффициенты корреляции. Для оценки достоверности корреляций изучаемых признаков мы использовали общепринятую шкалу: 0,71–0,90 – высокая; 0,51–0,70 – средняя; 0,31–0,50 – слабая (при уровне значимости коэффициента корреляции  $p = 0,01$ ). Изменчивость признаков в данной статье приводится для 12 признаков: всех вышеперечисленных, за исключением периода всходы-цветение, содержания пергаменты и волокна в створках бобов и продуктивности бобов с растения; ее изучали с использованием коэффициента вариации (CV%). Статистическую обработку данных проводили по общепринятой методике (Dospikhov, 1985) в компьютерной программе Microsoft Excel.

## Результаты исследований

Для выявления диапазона изменчивости 33 образцов вигны по 12 признакам был рассчитан коэффициент вариации по средним данным за три года, а также с целью установить влияние условий выращивания отдельно по каждому году изучения. Отмечена различная степень варибельности исследованных показателей (рисунки).

В результате анализа изменчивости признаков за три года изучения были сделаны следующие выводы. Средними значениями изменчивости обладали такие признаки, как межфазные периоды всходы-техническая спелость и всходы-созревание семян, число семян в бобе, масса 1000 семян. Коэффициент вариации (CV) составил

15–18%. Высокие показатели варибельности отмечены для признаков длина и масса боба ( $CV = 26–32\%$ ). Очень высокие показатели выявлены для признаков: форма куста, длина стебля, длина до первого боба, число цветоносов и бобов с растения, масса семян с растения ( $CV$  в среднем 35–44%).

Средние значения изменчивости по годам проявили такие признаки, как межфазные периоды всходы-техническая спелость ( $CV = 13–14\%$ ) и всходы-созревание семян ( $CV = 14–16\%$ ), а также масса 1000 семян ( $CV = 14–16\%$ ). Данные признаки в меньшей степени подвержены влиянию условий возделывания. Высокое варьирование показателей по годам отмечено по признакам число семян в бобе ( $CV = 16–21\%$ ), масса боба ( $CV = 22–27\%$ ).

Такие морфологические признаки, как форма куста, длина ветви, длина до первого боба и длина боба характеризуются довольно большим размахом изменчивости по годам ( $CV$  составил соответственно 36, 31–39, 20–41 и 27–37%). Наибольший диапазон изменчивости по годам проявили количественные признаки продуктивности: число бобов с растения ( $CV = 33–49\%$ ), число цветоносов ( $CV = 38–51\%$ ) и масса семян с растения ( $CV = 38–44\%$ ), что означает значительную подверженность урожайности культуры погодным условиям произрастания. Анализ изменчивости признаков у исследуемого набора коллекционных образцов позволяет сделать вывод о том, что культура вигны обладает широким внутривидовым

полиморфизмом. Это свидетельствует о возможности создания сортов с оптимальными значениями хозяйственно ценных признаков в соответствии с задачами селекции.

Практика многолетнего изучения генофонда вигны в условиях Астраханской области показала, что образцы существенно различаются по срокам созревания. Главным критерием для уборки товарной продукции спаржевой вигны является техническая спелость – боб в стадии «зеленой лопатки», поэтому в качестве признака, определяющего группу спелости культуры, мы взяли «число дней от всходов до технической спелости». На основе собственных данных мы разделили весь изученный материал на три группы спелости: раннеспелые (до технической спелости 54–63 дня); среднеспелые (до технической спелости 64–74 дня) и позднеспелые (до технической спелости 75–83 дня). Продолжительность периода от всходов до созревания семян важна для семеноводства культуры. В контексте этого исследования мы оценили лучшие образцы коллекции из разных групп спелости по варьированию хозяйственно ценных признаков в среднем за три года изучения (табл. 1, 2).

Наименее изменчивые показатели коэффициента вариации по изученным признакам растения были отмечены у следующих образцов (см. табл. 1):

- по признаку «длина стебля» ( $CV = 6–8\%$ ) – к-704, к-516, к-971, к-141, к-873 и к-567;
- по длине до первого боба ( $CV = 2–4\%$ ) – к-653, к-42,

**Таблица 1. Биометрические показатели перспективных образцов вигны и их изменчивость в зависимости от группы спелости (Астраханская ОС, Камызякский район; среднее за 2008–2010 гг.)**

**Table 1. Biometric indicators of promising cowpea accessions and their variability according to the maturity groups (Astrakhan Experiment Station, Kamyzyak District; mean for 2008–2010)**

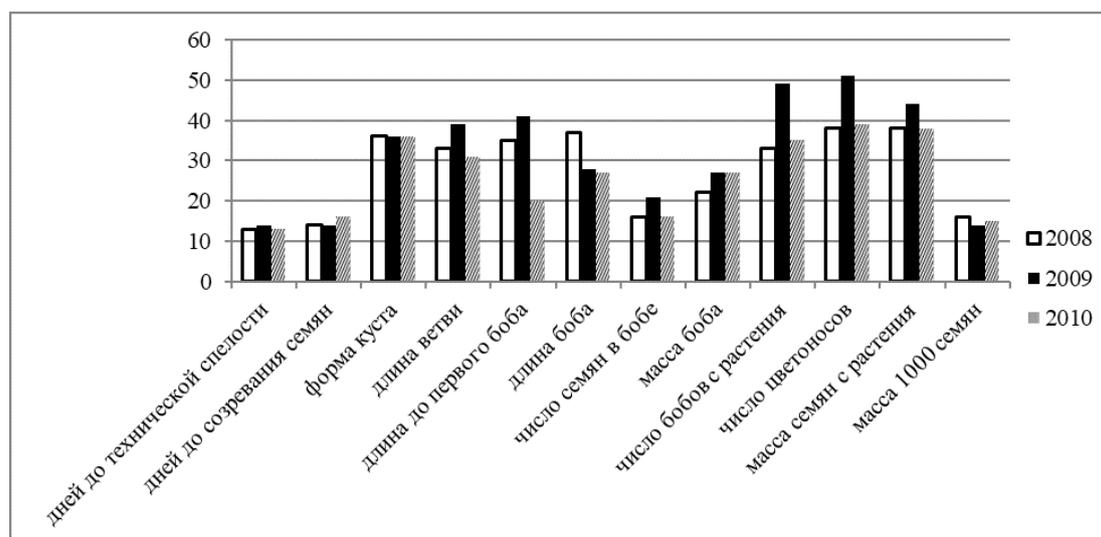
№ по каталогу ВИР VIR catalogue number	Длина стебля, см Length of the stem, cm			Длина до первого боба, см Length to the first pod, cm			Длина боба, см Pod length, cm			Число семян в бобе Number of seeds per pod		
	X*	Σ*	CV*, %	X*	Σ*	CV*, %	X*	Σ*	CV*, %	X*	Σ*	CV*, %
Раннеспелая группа / Early group												
St	94,0	7,9	8	20	0	0	48,0	1,7	4	12,3	2,0	17
516	188,3	12,5	7	16,0	4,0	25	34,3	1,1	3	9,3	2,0	22
639	68,3	10,4	15	25,6	8,1	32	37,3	2,5	7	13,3	2,5	19
640	105,0	13,2	13	27,6	2,5	9	39,0	3,6	9	11,3	3,0	18
642	93,3	25,1	27	31,6	2,8	9	37,3	3,0	8	14,3	2,0	15
653	100,0	17,3	17	25,3	0,5	2	26,0	4,5	18	14,3	1,5	11
668	170,0	36,0	21	37,6	2,5	7	40,7	4,3	11	14,3	0,5	4
866	96,6	11,5	12	32,6	4,6	14	36,0	5,2	15	14,0	1,0	7
867	103,3	23,0	22	25,0	5,0	20	35,0	5,0	14	12,6	2,3	18
873	91,6	7,6	8	36,6	2,8	8	45,3	4,0	9	11,0	1,0	9
Среднеспелая группа / Midseason group												
42	170,0	20,0	12	29,3	1,1	4	71,6	11,5	16	16,6	1,5	9
820	101,6	24,6	24	17,0	2,6	16	41,0	7,9	19	10,0	1,0	10
971	140,0	10,0	7	31,6	2,8	9	22,3	4,6	21	14,0	0	0
1566	146,6	25,1	17	31,6	2,8	9	52,0	8,5	16	13,0	1,7	13
Позднеспелая группа / Late group												
141	185,0	13,2	7	32,3	2,5	8	47,0	11,5	25	16,6	0,5	3
567	121,0	17,3	8	41,6	1,5	4	34,6	5,0	15	15,3	1,5	10
704	225,0	13,2	6	45,6	4,0	9	38,6	8,5	22	14,3	0,5	4
1299	140,0	17,3	12	61,0	1,7	3	24,3	5,1	21	12,6	0,5	5

**Таблица 2. Элементы продуктивности перспективных образцов вигны и их изменчивость в зависимости от группы спелости (Астраханская ОС, Камызякский район; среднее за 2008–2010 гг.)**

**Table 2. Productivity components in promising cowpea accessions and their variability according to the maturity groups (Astrakhan Experiment Station, Kamyzuak District; mean for 2008–2010)**

№ по каталогу ВИР catalogue number	Масса одного боба, г Weight of one pod, g		Число бобов с растения Number of pods per plant		Число цветоносов Number of peduncles		Масса семян с растения Seed weight per plant		Масса 1000 семян, г Weight of 1000 seeds, g						
	X*	Σ*	CV*, %	X*	Σ*	CV*, %	X*	Σ*	CV*, %	X*	Σ*	CV*, %			
St	11,5	1,0	9	7,0	1,0	14	4,3	0,5	13	24,6	5,6	23	146,6	5,7	4
516	13,3	1,1	9	15,0	3,0	20	11,3	2,3	20	32,3	14,5	45	150,0	0	0
639	11,3	0,5	5	10,3	2,0	20	5,3	0,5	11	21,0	4,0	19	163,3	21,0	14
640	12,0	2,6	22	18,6	2,8	15	8,6	1,5	18	19,0	4,5	24	161,6	12,5	8
642	13,6	1,1	8	14,0	2,6	19	8,0	1,0	13	28,0	10,5	38	175,0	13,2	8
653	10,6	1,5	14	12,3	4,5	37	7,3	2,5	34	33,0	12,4	38	153,3	23,0	15
668	13,5	0,7	5	11,0	1,0	9	7,0	0	0	32,6	13,0	37	143,3	5,7	4
866	14,0	1,0	7	7,6	2,5	33	4,6	1,5	33	27,0	9,5	35	150,0	10,0	7
867	10,0	1,0	10	15,6	2,0	13	9,0	2,0	22	22,0	6,5	30	158,3	7,6	5
873	10,6	0,5	5	10,0	0	0	6,0	0	0	25,6	8,3	32	126,6	5,7	5
Раннеспелая группа / Early group															
42	16,0	2,0	13	11,3	3,2	28	7,0	0	0	24,3	10,0	41	160,0	10,0	6
820	13,6	2,3	17	11,0	1,0	9	7,3	0,5	8	26,0	5,5	21	166,6	11,5	7
971	8,6	0,5	7	12,3	3,0	25	8,6	3,0	35	31,6	2,0	4	130,0	10,0	8
1566	13,2	3,0	23	21,0	3,6	17	13,6	1,5	11	18,3	7,6	42	131,6	7,6	6
Среднеспелая группа / Midseason group															
141	14,0	1,0	7	15,0	1,0	7	6,0	0	0	23,6	2,0	9	136,6	5,7	4
567	12,6	1,1	9	27,0	4,5	17	15,0	0	0	24,3	11,3	47	166,6	5,7	3
704	12,6	3,0	24	5,6	1,5	16	5,6	2,0	37	36,0	14,0	39	170,0	17,3	10
1299	13,5	2,1	16	14,0	1,0	29	10,6	4,0	28	17,3	4,5	26	211,6	18,9	9
Позднеспелая группа / Late group															

**Примечание:** X\* – среднее значение признака; Σ\* – стандартное отклонение; CV\* – коэффициент вариации  
**Note:** X\* – mean value of a trait; Σ\* – standard deviation; CV\* – coefficient of variation.



**Рисунок.** Сравнительная характеристика варьирования признаков (CV, %) у образцов вигны (Астраханская ОС, Камызякский район; среднее за 2008–2010 гг.)

**Figure.** Comparative characteristics of the traits' variation (CV, %) in cowpea accessions (Astrakhan Experiment Station, Kamyzyak District; mean for 2008–2010)

к-1299 и к-567;

- по длине боба – к-516 (CV = 3%);
- по признаку «число семян в бобе» (CV = 3–5%) – к-141, к-668, к-971, к-704 и к-1299.

По признакам, определяющим продуктивность спаржевой вигны, менее изменчивы следующие образцы (см. табл. 2):

- по массе одного боба (CV = 5%) – к-639, к-668 и к-873;
- по числу бобов с растения (CV = 0–7%) – к-873, к-141;
- по числу цветоносов (CV = 0) – к-668, к-873, к-42, к-141 и к-567;
- по признаку «масса семян с растения» (CV = 4 и 9%) – к-971 и к-141;
- по массе 1000 семян (CV = 0–4%) – к-516, к-567, к-668 и к-141.

Таким образом, по итогам трехлетнего полевого изучения образцов, оцениваемых нами по хозяйственно ценным признакам, самые низкие показатели изменчивости отмечены у образцов из:

- раннеспелой группы: к-873 и к-668 (Китай);
- среднеспелой группы: к-971 (Индия);
- позднеспелой группы: к-141 (Китай).

Особое значение в селекции высокоурожайных сортов имеет выявление корреляций между продуктивностью и другими хозяйственно ценными признаками, прямо или косвенно определяющими урожайность. Полученные нами данные позволяют определить, за счет каких элементов структуры урожая можно более эффективно повышать продуктивность растений, прогнозировать повышение эффективности отбора по отдельным признакам и рационализировать селекционный процесс.

В наших исследованиях выявлены различные взаимосвязи между изученными признаками (табл. 3).

Установлено, что в слабой степени влияют на продуктивность бобов вигны такие признаки, как продолжительность межфазных периодов всходы-цветение и всходы-техническая спелость ( $r = 0,33-0,36$ ), а также масса боба ( $r = 0,42$ ). Высокие значения коэффициента корреляции отмечены между продуктивностью и числом бобов с растения ( $r = 0,73$ ), а также числом цветоносов ( $r = 0,71$ ). Корреляция практически отсутствует между продуктивностью и формой куста ( $r = 0,27$ ), длиной стебля ( $r = 0,29$ ), длиной боба ( $r = 0,26$ ), длиной до первого боба ( $r = 0,16$ ), числом семян в бобе ( $r = 0,02$ ), наличием

пергаменты и волокна ( $r = -0,02/-0,14$ ), семенной продуктивностью и массой 1000 семян ( $r = 0,00$ ). Следовательно, отбор по этим признакам не даст увеличения продуктивности бобов спаржевой вигны. Единственные показатели из исследованных, которые достоверно влияют на продуктивность вигны, – число цветоносов и число бобов с растения ( $r = 0,71-0,73$ ).

При изучении связи между фенологическими признаками следует отметить высокие значения корреляций между сроками цветения и наступления технической спелости ( $r = 0,95$ ), временем цветения и созревания семян ( $r = 0,80$ ), временем наступления технической спелости и созреванием семян ( $r = 0,79$ ), из чего следует, что при селекции на скороспелость возможен отбор по признакам раннего вступления растений в фазы цветения и технической спелости.

При определении зависимости между морфометрическими признаками растений вигны выявлены следующие тенденции. Форма куста в значительной степени определяется длиной стебля ( $r = 0,71$ ) и в слабой степени связана с такими признаками, как длина боба ( $r = 0,46$ ), число семян в бобе ( $r = 0,48$ ), масса 1000 семян ( $r = 0,45$ ). Длина стебля положительно коррелирует с продолжительностью межфазных периодов ( $r = 0,56-0,70$ ), связь между длиной и массой боба – на уровне  $r = 0,60$ , высокая положительная взаимосвязь отмечена между числом бобов на растении и числом цветоносов ( $r = 0,92$ ).

Слабая и средняя обратная зависимость отмечена между признаками качества боба (наличием пергаментного слоя и волокна в створках) и формой куста ( $r = -0,42-0,46$ ) а также длиной боба ( $r = -0,54-0,58$ ). Из этого следует, что в изученном наборе образцов спаржевой вигны лучшими по качеству бобов (без пергаменты и волокна) являются образцы с длинными бобами, так что отбор на качество боба может быть проведен по этому признаку.

### Заключение

Образцы изученной выборки спаржевой вигны характеризуются различным размахом изменчивости хозяйственно ценных, морфологических и биологических признаков. Средними значениями изменчивости в среднем за три года изучения обладали такие признаки, как меж-

**Таблица 3. Корреляционные связи морфологических, хозяйственно ценных и биологических признаков образцов спаржевой вигны (Астраханская ОС, Камызякский район; среднее за 2008–2010 гг.)**

**Table 3. Correlations between morphological, economically valuable and biological traits in green pod cowpea accessions (Astrakhan Experiment Station, Kamzyak District; mean for 2008–2010)**

№	Наименование признака Name of the trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Период всходы - цветение Shoots - flowering period	1														
2	Период всходы - техническая спелость Shoots - industrial ripeness period	0,95	1													
3	Период всходы - созревание семян Shoots - seed maturation period	0,80	0,79	1												
4	Форма куста Shrub shape	0,30	0,37	0,45	1											
5	Длина стебля Stem length	0,56	0,62	0,70	0,71	1										
6	Высота до 1 боба Height to the first bean	0,59	0,56	0,58	0,25	0,41	1									
7	Длина боба Pod length	0,00	0,00	0,00	0,46	0,15	-0,08	1								
8	Число семян в бобе Number of seeds per pod	0,14	0,19	0,27	0,48	0,37	0,25	0,26	1							
9	Пергамент/Parchment	0,15	0,08	0,13	-0,42	-0,17	0,12	-0,54	-0,19	1						
		-0,11	-0,18	-0,14	-0,46	-0,20	-0,12	-0,58	-0,23							
10	Масса 1 боба Weight of one pod	0,27	0,24	0,30	0,27	0,24	0,13	0,60	0,29	-0,09	1					
										-0,45						
										-0,02						
11	Продуктивность бобов с раст. Pod yield per plant	0,33	0,36	0,29	0,27	0,29	0,12	0,26	0,02	-0,14	0,42	1				
										0,14						
										0,20						
12	Число бобов с растения Number of pods per plant	0,17	0,22	0,10	0,12	0,14	0,03	0,17	-0,14	0,14	0,27	0,73	1			
										0,27						
										0,12						
13	Число цветоносов Number of peduncles	0,28	0,30	0,17	0,17	0,14	0,09	0,18	0,28	0,12	-0,22	0,71	0,92	1		
										0,23						
										0,20						
14	Масса семян с растения Seed weight per plant	0,21	0,30	0,25	0,25	0,34	0,08	0,36	0,12	0,12	-0,35	-0,07	0,21	0,22	1	
										0,32						
										-0,05						
15	Масса 1000 семян Weight of 1000 seeds	0,36	0,35	0,45	0,45	0,02	0,33	-0,10	0,02	0,28	0,00	0,00	-0,18	-0,10	-0,03	-1

фазные периоды всходы-техническая спелость и всходы-созревание семян, число семян в бобе, масса 1000 семян; коэффициент вариации (CV) составил 15–18%. Высокие показатели изменчивости отмечены по признакам: длина и масса боба (CV = 26–32%). Самыми высокими показателями варьирования отличались признаки: форма куста, длина стебля, длина до первого боба (CV = 35–37%). Наибольший диапазон изменчивости по годам проявили количественные признаки продуктивности образцов вигны: число бобов с растения (CV = 33–49%), число цветоносов (CV = 38–51%) и масса семян с растения (CV = 38–44%), что означает значительную подверженность урожайности вигны погодным условиям произрастания. По итогам трехлетнего полевого изучения самые низкие показатели изменчивости хозяйственно ценных признаков отмечены у образцов: к-873 и к-668 (Китай) из раннеспелой группы; к-971 (Индия) из среднеспелой; к-141 (Китай) из позднеспелой.

При анализе корреляций выявлено, что продуктив-

ность бобов спаржевой вигны в наибольшей степени зависит от числа бобов ( $r = 0,73$ ) и числа цветоносов ( $r = 0,71$ ) на растении. Знание связей между составляющими элементами продуктивности оптимизируют работу по отбору из коллекции образцов для получения новых высокопродуктивных сортов.

Отмечены высокие значения корреляций межфазных периодов: всходы-цветение и всходы-техническая спелость ( $r = 0,95$ ), всходы-цветение и всходы-созревание семян ( $r = 0,80$ ), всходы-техническая спелость и всходы-созревание семян ( $r = 0,79$ ), из чего следует, что при селекции на скороспелость возможен отбор по признакам раннего вступления в фазы цветения и технической спелости.

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

## References/Литература

- Burlyayeva M. O., Gurkina M. V., Chebukin P. A., Kiseleva N. A. (2016) International descriptors for species of the genus *Vigna* Savi. (Mezhdunarodny klassifikator vidov roda *Vigna* Savi). St. Petersburg: VIR, 90 p. [in Russian] (Бурляева М. О., Гуркина М. В., Чебукин П. А., Киселева Н. А. Международный классификатор видов рода *Vigna* Savi. СПб.: ВИР, 2016. 90 с.).
- Demyanenko K. A., Kazyidub N. G., Burlakov A. A. (2015) Applying the correlation analysis of economically valuable traits in chickpea in breeding practice (Primeneniye korrelyatsionnogo analiza khozyaystvenno-tsennykh priznakov nuta v prakticheskoy selektsii). *Agricultural Sciences (Selskokhozyaystvennyye nauki)*, no. 3 (23), pp. 15–18 [in Russian] (Демьяненко К. А., Казыдуб Н. Г., Бурлаков А. А. Применение корреляционного анализа хозяйственно-ценных признаков нута в практической селекции // Сельскохозяйственные науки. 2015. № 3 (23). С. 15–18).
- Dospikhov B. A. (1985) Methods of field studies with statistical processing of research results (Metody polevykh issledovaniy so statisticheskoy obrabotkoy rezultatov issledovaniy). Moscow: Aliance, 357 p. [in Russian] (Доспихов Б. А. Методы полевых исследований со статистической обработкой результатов исследований. М.: Альянс, 1985. 357 с.).
- Gurkina M. V. (2009) Accessions from the VIR collection as source material for cowpea breeding in the environments of Astrakhan Province (Obraztzy kollektsii VIR – iskhodny material dlya selektsii vigny v usloviyakh Astrakhanskoj oblasti). In: Proceedings of the International Scientific & Practical Conference ‘Genetic Resources of Cultivated Plants: Problems of Crop Evolution and Systematics’ (Geneticheskiye resursy rasteniy. Problemy evolyutsii i sistematiki), St. Petersburg: VIR, pp. 270–273 [in Russian] (Гуркина М. В. Образцы коллекции ВИР – исходный материал для селекции вигны в условиях Астраханской области. Материалы международной научно-практической конференции «Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы эволюции и систематики». СПб.: ВИР, 2009. С. 270–273).
- Gurkina M. V., Burlyayeva M. O. (2012) Results of the study of green pod cowpea accessions from the VIR collection in the environments of the Peri-Caspian Depression (Rezultaty izucheniya spartzhevykh obraztsov vigny iz kollektsii VIR v usloviyakh Prikaspiyskoj nizmennosti). In: Proceedings of the III International Vavilov Conference ‘N.I. Vavilov’s Ideas in the Modern World’ (Idei N. I. Vavilova v sovremennom mire). St. Petersburg: VIR, pp. 277–278 [in Russian] (Гуркина М. В., Бурляева М. О. Результаты изучения спаржевых образцов вигны из коллекции ВИР в условиях Прикаспийской низменности. Материалы III Вавиловской международной конференции «Идеи Н. И. Вавилова в современном мире». СПб.: ВИР, 2012. С. 277–278).
- State register of breeding achievements approved for use on the territory of the Russian Federation. Volume 1. Plant varieties (2017) (Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispolzovaniyu na territorii RF. Tom 1. Sorta rasteniy). Moscow, [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ. Том 1. Сорты растений. Москва, 2017).
- Vishnyakova M. A., Seferova I. V., Buravtseva T. V., Burlyayeva M. O., Semenova E. V., Filipenko G. I., Aleksandrova T. G., Egorova G. P., Yankov I. I., Bulyntsev S. V., Gerasimova T. V., Drugova E. V. (2018) VIR global collection of grain legume crop genetic resources: Replenishment, conservation and studying: Methodological guidelines (Kollektsiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh kultur VIR: popolneniye, sokhraneniye i isucheniy. Metodicheskiye ukazaniya) 2nd ed., rvsd. & suppl. St. Petersburg: VIR, 143 p. [in Russian] (Вишнякова М. А., Сеферова И. В., Буравцева Т. В., Бурляева М. О., Семенова Е. В., Филипенко Г. И., Александрова Т. Г., Егорова Г. П., Янков И. И., Булынтцев С. В., Герасимова Т. В., Другова Е. В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания, 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: ВИР, 2018. 143 с.).

## Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

## Для цитирования/How to cite this article

Гуркина М. В. Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков спаржевой вигны из коллекции ВИР в условиях Астраханской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 59–65. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-59-65

Gurkina M. V. Variability and correlations of economically valuable traits in cowpea from the VIR collection in the environments of Astrakhan province. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 59–65. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-59-65

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

## Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/10.30901/2227-8834-2019-1-59-65>

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

Автор одобрил рукопись/Author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ СОРТОВ ЧЕРЕШНИ (*CERASUS AVIUM*) РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-66-72

УДК 634.23:581.162.41(470.2)

Поступление/Received: 18.02.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

С. Ю. ОРЛОВА, А. В. ПАВЛОВ, В. Г. ВЕРЖУК

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

VIABILITY OF POLLEN  
IN SWEET CHERRY (*CERASUS AVIUM*)  
VARIETIES OF DIFFERENT ECOGEOGRAPHIC  
ORIGIN IN THE NORTHWESTERN REGION OF RUSSIA

S. YU. ORLOVA, A. V. PAVLOV, V. G. VERZHUK

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

**Актуальность.** Черешня – нетрадиционная плодовая культура для Северо-Западного региона России. Выделение сортов, адаптированных к условиям Северо-Западного региона, требует всестороннего изучения сортов различного эколого-географического происхождения, в частности морфофизиологических характеристик пыльцы, обеспечивающих продуктивность черешни. **Материалы и методы.** На основе полевой коллекции черешни научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в 2017 г. и в лаборатории длительного хранения генофонда растений (лаборатория ДХГР) проведено изучение 24 образцов черешни, относящихся к пяти различным группам: I – Северо-Западный (селекция ВИР), II – Центральный, III – Центрально-Черноземный регионы РФ, IV – Беларусь; V – Эстония. Жизнеспособность пыльцы определяли методом проращивания на искусственной среде, содержащей 10% сахарозы и 0,6% агар-агара. Статистическую обработку результатов исследования выполняли в программах StatSoft Statistica 13.0 и Microsoft Excel. **Результаты.** В 2017 г. исходная жизнеспособность пыльцы практически всех сортов была низкая. Высокий процент прорастания пыльцы характерен для сортов 'Красная сладкая' (I гр.; 50,0%), 'Ленинградская розовая' (I гр.; 61,8%), 'Аделина' (III гр.; 53,5%) и 'Заря Востока' (III гр.; 60,3%). После нахождения в жидком азоте уровень прорастаемости пыльцы повысился у всех сортов I и V групп и ряда сортов: II группы ('Радица', 'Ипут', 'Речица', 'Фатеж'); III группы ('Заря Востока', 'Рондо', 'Орловская розовая'; IV группы ('Северная', 'Витязь'). Жизнеспособность пыльцы после криоконсервации значительно снизилась (на 8,7-17,3%) у сортов 'Бряночка' (II гр.), 'Алебастровая' (IV), 'Брянская розовая' (II) и 'Аделина' (III). Показатели жизнеспособности пыльцы (длина пыльцевых трубок и процент проросших пыльцевых зерен) до помещения в жидкий азот положительно коррелировали:  $r = 0,54$  (III) –  $r = 0,76$  (II), а после криоконсервации имели слабую ( $r = 0,28$ ; I гр.) и высокую ( $r = 0,79$ ; IV гр.) корреляции. По размерам пыльцевых трубок и уровню жизнеспособности пыльцы между родительской формой 'Ленинградская черная' и сортом 'Радица' связь отсутствует ( $r = 0,09$ ), а с сортом 'Meelika' она средняя отрицательная ( $r = -0,49$ ); между родительской формой 'Красная плотная' и сортами 'Соперница', 'Бряночка', 'Витязь' отмечена средняя ( $r = 0,57$ ) и высокая зависимости ( $r = 0,78$ ,  $r = 0,83$  соответственно). **Заключение.** По уровню жизнеспособности пыльцы интродуцированные сорта черешни сходны с сортами Северо-Западного региона (селекции ВИР) или даже превосходят их.

**Ключевые слова:** сорт, черешня, интродукция, жизнеспособность, пыльца, пыльцевые трубки, криоконсервация

**Background.** Sweet cherry is an unconventional fruit crop for the Northwestern region of Russia. Identification of cultivars adapted to the conditions of the northwest requires a comprehensive study of cultivars of different ecogeographic origin and, specifically, morpho-physiological characteristics of pollen, which ensure the productivity of sweet cherries. **Materials and methods.** The field sweet cherry collection maintained at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR served as the material for the study carried out in 2017 at the Plant Diversity Long-Term Storage Laboratory. Twenty-four sweet cherry accessions belonging to five different groups were studied: I – Northwestern (bred at VIR); II – Central; III – Central Black Soil (all three are regions in Russia); IV – Belarus; and V – Estonia. Viability of pollen was assessed by germinating on an artificial medium with 10% sucrose and 0.6% agar. Pollen viability results were statistically processed using StatSoft Statistica 13.0 and Microsoft Excel. **Results.** The initial viability of pollen for almost all varieties in 2017 was low. High percentage of pollen germination was characteristic of cvs. 'Krasnaya sladkaya' (gr. I, 50.0%), 'Leningradskaya rozovaya' (gr. I, 61.8%), 'Adelina' (gr. III, 53.5%) and 'Zarya Vostoka' (gr. III, 60.3%). After storage in liquid nitrogen, the level of pollen germination increased in all cultivars of groups I and V as well as in a number of cultivars from group II ('Raditza', 'Iput', 'Rechitsa' and 'Fatezh'), group III ('Zarya Vostoka', 'Rondo' and 'Orlovskaya rozovaya') and group IV ('Severnaya' and 'Vityaz'). Pollen viability after cryopreservation significantly decreased by 8.7-17.3% in cvs. 'Bryanochka' (gr. II), 'Alebastrovaya' (IV), 'Bryanskaya rozovaya' (II) and 'Adelina' (III). Pollen viability parameters (length of pollen tubes and percentage of germinated pollen grains) positively correlated prior to immersion into liquid nitrogen from  $r = 0,54$  (gr. III) to  $r = 0,76$  (gr. II), while after cryopreservation, they showed weak correlation ( $r = 0,28$ ) in gr. I, and strong one ( $r = 0,79$ ) in group IV. In the length of pollen tubes and the level of viability, the parent cv. 'Leningradskaya chernaya' had practically no connection with cv. 'Raditsa' ( $r = 0,09$ ), while with cv. 'Meelika' the correlation was medium negative ( $r = -0,49$ ); correlations between the parent cv. 'Krasnaya plotnaya' and cvs. 'Sopernitsa', 'Bryanochka' and 'Vityaz' were medium ( $r = 0,57$ ) and high ( $r = 0,78$  and  $r = 0,83$ ), respectively. **Conclusion.** In their level of pollen viability, the introduced sweet cherry cultivars are similar to or even exceed the cultivars native to the northwest (bred at VIR).

**Key words:** cultivar, sweet cherry, introduction, viability, pollen, pollen tubes, cryopreservation

## Введение

В процессе интродукции растений в новые условия произрастания происходит их акклиматизация (Rusanov, 1967). В основе этого процесса лежит генетическая и фенотипическая изменчивость, а также экологическая пластичность отдельных особей. Изучение способности растений-интродуцентов к воспроизводству особенно актуально при их продвижении на север (Nikolaevskaaya et al., 2009). Черешня (*Cerasus avium* (L.) Moench = *Prunus avium* (L.) L.) – нетрадиционная плодовая культура для Северо-Западного региона России, и поэтому необходимым условием успешного возделывания является подбор сортов, соответствующих местному климату. Важная роль при оценке приспособленности интродуцированных сортов принадлежит изучению морфофизиологического характера пыльцы (длина пыльцевой трубки и жизнеспособность).

В связи с этим особую значимость приобретает изучение сортов различного эколого-географического происхождения с целью выделения наиболее адаптированных к условиям Северо-Западного региона образцов.

Целью исследования было изучение характера изменчивости жизнеспособности, размеров пыльцевой трубки у сортов черешни селекции ВИР и интродуцированных в условия Северо-Запада.

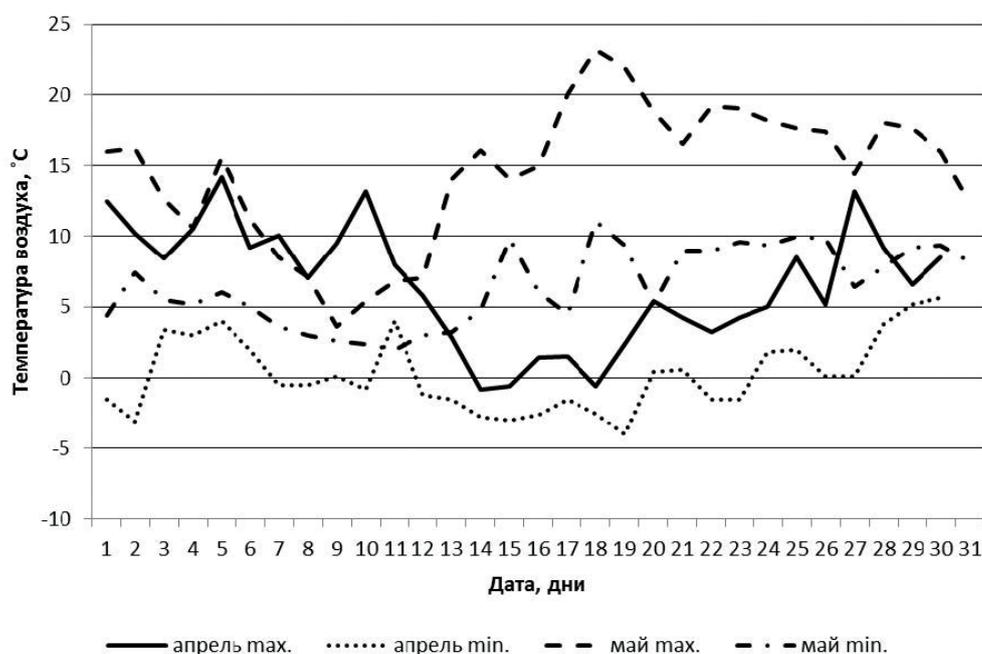
## Материалы и методы исследований

В условиях Северо-Западного региона на коллекции черешни научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург, Павловск) в 2017 г. проведено изучение 24 образцов черешни, относящихся к пяти различным по происхождению группам (табл. 1).

**Таблица 1. Географическое и генетическое происхождение сортов черешни**  
**Table 1. Geographic and genetic origin of sweet cherry cultivars**

Группы по географическому происхождению	Сорта	№ по каталогу ВИР	Генетическое происхождение
I Северо-Западный регион (селекция ВИР)	Красная плотная	5713	С-ц сорта черешни Козловская
	Красная сладкая	5714	С-ц сорта черешни Козловская
	Ленинградская розовая	5724	С-ц черешни Горнемана × Красавица из Огайо
	Ленинградская черная	5725	С-ц черешни Черный орел × Татарская черная
II Центральный регион	Бряночка	42191	8-14 × Красная плотная
	Брянская розовая	15877A	С-ц сорта Мускатная черная
	Ипуть	42192	ЭЛС черешни № 3-36 × № 8-14
	Памяти Астахова	15903A	Ипуть (изолят) <sup>1</sup>
	Радица	42092	Ленинградская черная × Коммунарка
	Речица	42093	С-ц черешни Брянская розовая
III Центрально-Черноземный регион	Фатеж	42097	С-ц черешни Ленинградская желтая
	Аделина	15873A	Слава Жукова × Валерий Чкалов
	Заря Востока	42122	Козловская × Dönissens gelbe
	Орловская розовая	42099	С-ц черешни Народная
	Рондо	15882A	С-ц черешни Ленинградская желтая, обработанный в стадии пророста химическим мутагеном
IV Беларусь	С-ц Чернышевского	42098	Не установлено
	Алебастровая	11652	Не установлено
	Витязь	15875A	Красная плотная × Валерий Чкалов
	Северная	15879A	С-ц от свободного опыления черешни
V Эстония	Соперница	15880A	Красная плотная × (Валерий Чкалов + Уголек)
	Kati	38717	От свободного опыления Norri
	Veidenbergi maguskirss	38712	Не установлено
	Meelika	38713	С-ц Ленинградской черной
	Tõmmu	38716	От свободного опыления сорта Красавица

<sup>1</sup> Астахов А. А. Селекционная оценка новых сортов и гибридов черешни по основным хозяйственно ценным признакам : автореф. дисс... к. с.-х. наук. Брянск. 1998. 23 с



**Рис. 1.** Распределение минимальных и максимальных температур воздуха в апреле — мае (данные метеостанции ВИР; г. Пушкин, 2017 г.)

**Fig. 1.** Distribution of minimum and maximum air temperatures in April/May (data of VIR's weather station; Pushkin, 2017)

Сбор пыльцы черешни проводили во II – III декадах мая 2017 г. С трех деревьев одного сорта в сухую погоду собирали по 200-250 хорошо развитых бутонов. Затем в помещении лаборатории длительного хранения генофонда растений (лаборатория ДХГР) препаративной иглой отделяли пыльники. После подсушивания в термостатируемом помещении с круглосуточной температурой +21 °C в течение двух-трех суток до сыпучего состояния в криопробирках погружали в жидкий азот, предварительно определив исходную жизнеспособность пыльцы. Пыльцу проращивали без света в термостате при температуре +21 °C на агаризованной питательной среде, содержащей 10% сахарозы. На поверхность питательной среды наносили суспензию пыльцы в дистиллированной воде. Проросшей считали пыльцу с длиной пыльцевой трубки, превышающей диаметр пыльцевого зерна. Количество проросших пыльцевых зерен подсчитывали под микроскопом при 100-кратном увеличении в 30-50 случайных полях зрения в 6-8 каплях суспензии пыльцы (Verzhuk et al., 2016; Pegg, 2007). Для определения жизнеспособности пыльцы после длительного хранения в жидком азоте ее отогревали на воздухе (при +21 °C) в течение 5-10 минут, затем проращивали на агаризованной питательной среде, содержащей 10% сахарозы.

Данные метеоусловий были получены в 2017 г. в отделе автоматизированных информационных систем генетических ресурсов растений (АИС ГРР) ВИР. Статистическую обработку результатов исследования жизнеспособности пыльцы выполняли с использованием программ StatSoft Statistica 13.0, Microsoft Excel.

### Результаты и обсуждение

Прорастание пыльцы в значительной степени зависит от температуры воздуха, поэтому основное внимание при выявлении зависимости между показателями жизнеспособности пыльцы и температурами уделили данным

за апрель – май.

Согласно наблюдениям, динамика колебаний температуры воздуха в апреле – мае характеризовалась большим разбросом между максимальными и минимальными значениями (рис. 1). Низкие весенние температуры в период формирования и созревания пыльцы (резкие перепады температур с кратковременными заморозками) оказали неблагоприятные воздействия на жизнеспособность пыльцы.

Исследуемые сорта различались по жизнеспособности пыльцы. Практически у всех сортов исходная жизнеспособность пыльцы была низкая (рис. 2). Только у сортов I группы 'Красная сладкая' (50,0%) и 'Ленинградская розовая' (61,8%), а также III группы 'Аделина' (53,5%) и 'Заря Востока' (60,3%) отмечен высокий процент прорастания пыльцы. Несколько ниже он был у сортов 'Алебастровая' (IV группа), 'Рондо' (III) и 'Брянская розовая' (II) – соответственно 43,9, 46,4 и 48,9% (табл. 2).

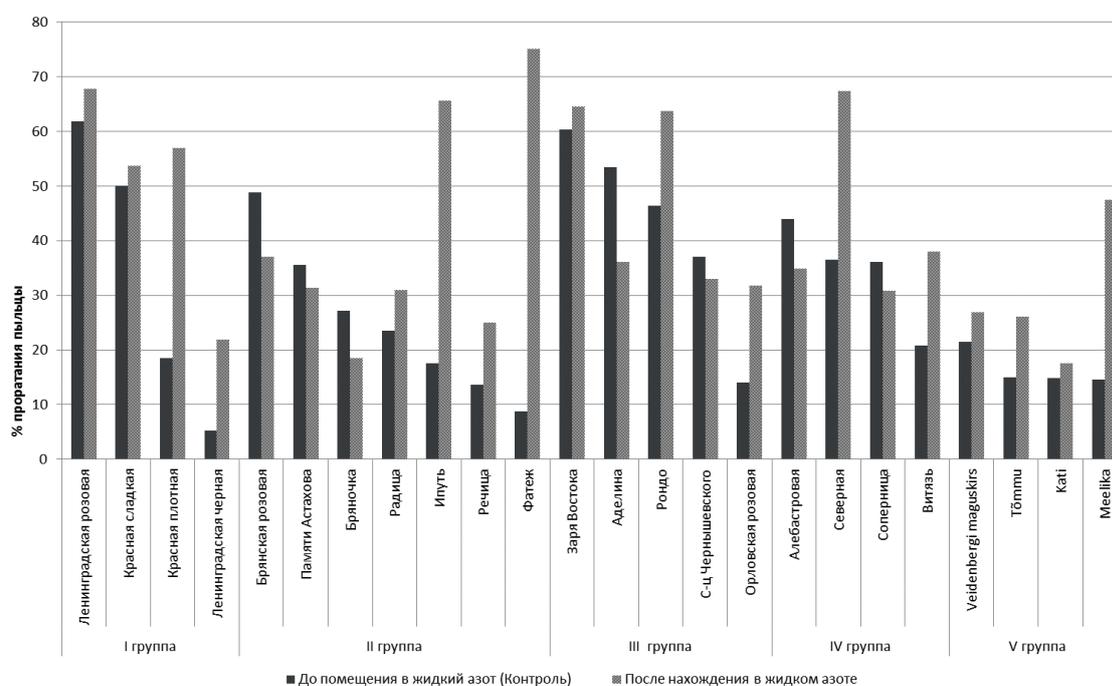
После экспозиции в жидком азоте наблюдали как повышение, так и снижение процента жизнеспособности пыльцы. Повышение уровня проращаемости пыльцы отмечено у всех сортов I и V групп, а также у черешни 'Радица', 'Ипать', 'Речица', 'Фатеж' (II); 'Заря Востока', 'Рондо', 'Орловская розовая' (III), 'Северная', 'Витязь' (IV). У сортов 'Красная плотная', 'Ленинградская черная', 'Ипать', 'Речица', 'Рондо', 'Орловская розовая', 'Тõmmu', 'Veidenbergi maguskirs' жизнеспособность пыльцы значительно возросла после криоконсервации. Ранее было показано, что жизнеспособность пыльцы в условиях *in vitro* существенно выше, чем *in vivo* (Parfitt, Almehdi, 1984; Orlova, Yushev, 2001; Dubrovsky, 2016). У сортов 'Бряночка', 'Алебастровая', 'Брянская розовая' и 'Аделина' после нахождения в жидком азоте жизнеспособность пыльцы значительно снизилась на 8,7-17,3%. Различия показателей не были значимы у образцов 'Ленинградская розовая', 'Красная сладкая', 'Памяти Астахова', 'Радица', 'Фатеж', 'Заря Востока', 'С-ц Чернышевского', 'Северная', 'Соперница', 'Витязь', 'Kati' и 'Meelika'. После хранения в жидком азоте 24 сортов черешни у одиннадцати показатель

Таблица 2. Жизнеспособность пыльцы черешни и величина пыльцевых трубок, % (лаборатория ДХГР, 2017 г.)  
 Table 2. Viability of sweet cherry pollen and the size of pollen tubes, % (Plant Diversity Long-Term Storage Laboratory, 2017)

Группы	Название сорта	До помещения в жидкий азот (Контроль)				После нахождения в жидком азоте					
		% прорастания		Величина пыльцевых трубок, %		% прорастания	Величина пыльцевых трубок, %		короткие		
		Длинные	средние	Длинные	короткие		Длинные	средние			
I*	Ленинградская розовая	61,8±3,94	8,0	20,9	76,1	8,0	20,9	67,8±2,20	78	8,8	13,2
	Красная сладкая	50,0±4,11	43,6	25,5	30,9	43,6	25,5	53,7±4,50	32,2	16,9	50,9
	Красная плотная**	18,5±1,59	6,8	25,7	67,5	6,8	25,7	57,0±3,14	67,6	27	5,4
II	Ленинградская черная**	5,3±5,12	25,0	0	75,0	25,0	0	22,0±2,44	72,7	9,1	18,2
	Брянская розовая*	48,9±1,79	5,2	9,9	84,9	5,2	9,9	37,1±2,89	75,7	9,6	14,7
	Памяти Астахова	35,6±4,41	3,9	5,9	90,2	3,9	5,9	31,4±1,44	77,4	3,6	19
	Бряночка**	27,2±1,76	14,5	0	85,5	14,5	0	18,5±1,40	80	10,9	9,1
	Радица	23,5±3,47	37,5	25,0	37,5	37,5	25,0	31,0±2,43	31,4	31,4	37,2
III	Ипуть**	17,6±2,38	9,1	38,6	52,3	9,1	38,6	65,7±3,30	36,4	15,1	48,5
	Речица**	13,6±1,29	8,8	40,3	50,9	8,8	40,3	25,0±1,14	38,1	16,7	45,2
	Фагеш**	8,8±1,78	4,2	50,0	45,8	4,2	50,0	75,1±2,13	54,6	13,6	31,8
	Заря Востока	60,3±6,42	8,3	25,0	66,7	8,3	25,0	64,6±2,82	67,9	10,7	21,4
	Аделина**	53,5±4,01	6,8	6,8	86,4	6,8	6,8	36,2±2,00	91,9	5,4	2,7
IV	Рондо**	46,4±3,17	2,8	1,4	95,8	2,8	1,4	63,8±3,18	87,5	6,3	6,2
	С-ц Чернышевского	37,1±2,33	3,5	4,5	92,0	3,5	4,5	33,1±1,57	72,9	18,8	8,3
	Орловская розовая**	14,0±1,26	5,6	49,3	45,1	5,6	49,3	31,8±1,63	52,5	4,9	42,6
V	Алебастровая**	43,9±2,93	52,4	11,0	36,6	52,4	11,0	35,0±1,32	38	14,1	47,9
	Северная**	36,5±3,17	1,5	10,8	87,7	1,5	10,8	67,4±3,48	52,8	19,4	27,8
	Соперница**	36,1±2,43	7,0	22,8	70,2	7,0	22,8	30,9±1,38	52,8	0	47,2
V	Витязь**	20,8±3,27	5,6	19,4	75,0	5,6	19,4	38,0±2,80	63,9	5,5	30,5
	Veidenbergi maguskirts**	21,5±1,73	8,9	42,0	64,1	8,9	42,0	26,9±1,53	41,8	21,8	36,4
	Tõmmu**	15,0±3,36	4,6	31,8	63,6	4,6	31,8	26,1±2,30	55,6	5,6	38,8
	Kati	14,9±2,2	6,0	48,5	45,5	6,0	48,5	17,6±1,07	54,3	5,7	40
	Meelika**	14,6±1,48	15,1	58,5	26,4	15,1	58,5	47,5±3,34	17,7	17,7	64,5

\*I группа – Северо-Западный регион, II – Центрально-Черноземный регион, IV Беларусь, V – Эстония

\*\*Различия статистически значимы по сравнению с контролем,  $p < 0,05$



**Рис. 2. Жизнеспособность пыльцы черешни различного эколого-географического происхождения**  
**Fig. 2. Viability of sweet cherry pollen of various ecogeographic origin**

жизнеспособности пыльцы значительно возрос, у шести значительно снизился и у семи сохранился на исходном уровне, поскольку различия не были значимы.

Различия по уровню жизнеспособности сортов пяти географических групп были значимы ( $p < 0,05$ ), и лишь между сортами II (Центральный регион) и III (Центрально-Черноземный) групп различия не были значимыми.

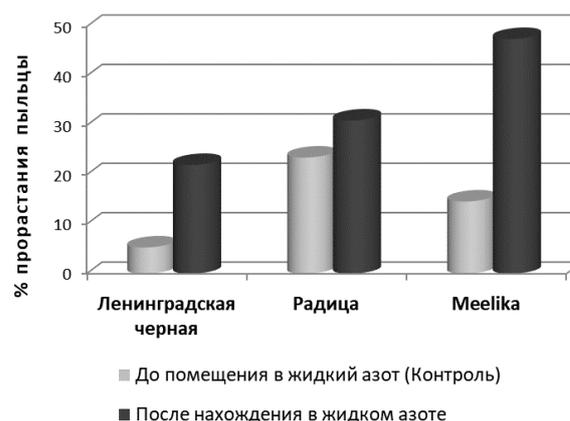
Пыльца по-разному прорастает на искусственной питательной среде: пыльцевыми трубками длинной, средней и короткой длины. Соотношение образовавшихся при прорастании пыльцы на искусственной питательной среде пыльцевых трубок различается. Наибольшее число длинных и средних пыльцевых трубок, имеющих оплодотворяющую способность, выявлено при прорастании пыльцы сортов I (74,3-100,0%) и IV (77,2-89%), а также II ('Радица', 'Брянская розовая', 'Памяти Астахова', 'Бряночка' – 90,1-100%) и III ('Заря Востока', 'Аделина', 'С-ц Чернышевского', 'Рондо' – 75,0-98,6%) групп до помещения в жидкий азот. После криоконсервации число длинных и средних пыльцевых трубок у сортов I группы 'Красная сладкая' и 'Ленинградская черная' уменьшилось на 18,9-25,4%, а у сортов 'Ленинградская розовая' и 'Красная плотная' возросло на 2,7-20,3%. Практически у всех сортов II, III, IV и V групп количество длинных и средних пыльцевых трубок уменьшилось на 5,2-21,2%; только у сортов 'Орловская розовая' (III группа), 'Kati' (V), 'Фатех' (II) возросло на 6,7-18,2%. Наибольшее количество коротких пыльцевых трубок до помещения в жидкий азот отмечено у сортов 'Орловская розовая' (III) (49,3%), 'Фатех' (II) (50%) и V группы (42,0-58,5%).

Размеры пыльцевых трубок и жизнеспособность пыльцы до помещения в жидкий азот положительно коррелировали: сорта III группы имели  $r = 0,54$ , II группы –  $r = 0,76$ . После нахождения в жидком азоте имели слабую связь (Dospikhov, 1985) между признаками ( $r = 0,28$ ) сорта I группы и высокую ( $r = 0,79$ ) – сорта IV группы.

Нами проведен сравнительный анализ жизнеспособности пыльцы сортов, в создании которых в качестве одной

из родительских форм принимали участие 'Ленинградская черная' и 'Красная плотная' (см. табл. 1).

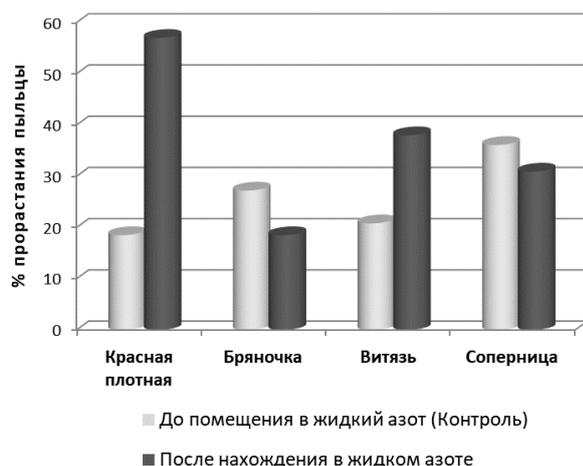
Показатели прорастания пыльцы сортов 'Meelika' и 'Радица' (рис. 3) были выше, чем у сорта 'Ленинградская черная': до помещения в жидкий азот на 9,3 и 18,2% соответственно, а после криоконсервации – на 25 и 11%. У черешни 'Радица' и 'Ленинградская черная' среди общей массы доминируют пыльцевые зерна среднего и длинного размеров до помещения в жидкий азот (75,0-100%) и после нахождения в жидком азоте (62,8-81,8%), а у сорта 'Meelika' – короткие, соответственно 58,5 и 64,5%.



**Рис. 3. Жизнеспособность пыльцы сортов черешни, полученных с участием сорта 'Ленинградская черная'**  
**Fig. 3. Pollen viability in sweet cherry cultivars obtained from crosses with cv. 'Leningradskaya chernaya'**

По размерам пыльцевых трубок и уровню прорастания пыльцы между родительской формой 'Ленинградская черная' и сортом 'Радица' связь отсутствует ( $r = 0,09$ ), а с сортом 'Meelika' – средняя отрицательная ( $r = -0,49$ ). Взаимосвязь между сортами слабая ( $r = 0,28$ ).

Исходная жизнеспособность пыльцы сортов 'Витязь', 'Бряночка' и 'Соперница' была выше (рис. 4), чем у сорта 'Красная плотная' на 2,3; 8,7 и 17,6% соответственно. После криоконсервации жизнеспособность пыльцы у родительской формы 'Красная плотная' была выше, чем у сортов 'Витязь', 'Соперница' и 'Бряночка' на 19; 26,1 и 38,5% соответственно. У всех сортов доминировали длинные пыльцевые трубки – от 52,8 до 85,5%.



**Рис. 4.** Жизнеспособность пыльцы сортов черешни, полученных с участием сорта 'Красная плотная'

**Fig. 4.** Pollen viability in sweet cherry cultivars obtained from crosses with cv. 'Krasnaya plotnaya'

Размеры пыльцевых трубок и уровень жизнеспособности между родительской формой 'Красная плотная' и сортами 'Соперница', 'Бряночка' 'Витязь' имели среднюю ( $r = 0,57$ ) и высокую ( $r = 0,78$ ,  $r = 0,83$ ) зависимости. Отмечена высокая взаимосвязь между указанными сортами, составляющая от  $r = 0,76$  до  $0,92$ .

Таким образом, по уровню жизнеспособности пыльцы интродуцированные сорта черешни сходны с сортами Северо-Западного региона (селекции ВИР) или даже превосходят их.

## Заключение

Сортовые особенности и метеорологические условия в период формирования и созревания пыльцы (резкие перепады температур с кратковременными заморозками) оказывают большое влияние на жизнеспособность пыльцы и размеры пыльцевых трубок.

После криоконсервации жизнеспособность пыльцы черешни у одних сортов повышается, у других снижается. Из 24 сортов черешни у одиннадцати показатель жизнеспособности пыльцы значимо возрос, у шести значимо снизился и у семи сохранился на исходном уровне, поскольку различия были не значимы.

У всех исследуемых сортов исходная жизнеспособность пыльцы была низкая. Однако у сортов Северо-Западного региона 'Красная сладкая' (к-5714) и 'Ленинградская розовая' (к-5724), а также Центрально-Черноземного региона 'Аделина' (к-15873А) и 'Заря Востока' (к-42122) отмечен высокий процент прорастания пыльцы: 50,0; 61,8; 53,5; 60,3% соответственно. Несколько ниже он был у сортов 'Алебастровая' (к-11652; Беларусь), 'Рондо' (к-15882А; Центрально-Черноземный регион) и 'Брянская розовая' (к-15877А; Центральный) – соответственно 43,9; 46,4 и 48,9%.

Показатели прорастания пыльцы сортов 'Meelika' (к-38713) и 'Радица' (к-42092) были выше, чем у родительской формы 'Ленинградская черная' (к-5725): до помещения в жидкий азот на 9,3 и 18,2%, а после криоконсервации на 25 и 11% соответственно.

Исходная жизнеспособность пыльцы сортов 'Витязь' (к-15875А), 'Бряночка' (к-42191) и 'Соперница' (к-15880А) была выше, чем у родительской формы 'Красная плотная' (к-5713), на 2,3; 8,7 и 17,6% соответственно. После криоконсервации жизнеспособность пыльцы у родительской формы 'Красная плотная' была выше, чем у сортов 'Витязь', 'Соперница' и 'Бряночка', на 19,0; 26,1 и 38,5% соответственно.

Различия по уровню жизнеспособности сортов пяти географических групп были значимы. Только между сортами II (Центральный регион) и III (Центрально-Черноземный) групп различия не были значимыми.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0004.

## References/Литература

- Astakhov A. A. (1998) Breeding-oriented evaluation of new cultivars and hybrids of sweet cherry according to main economically valuable characteristics (Selektsionnaya otsenka novykh sortov i gibridov chereschni po osnovnym khozyaystvenno-tsennym priznakam): Abstract of the thesis ... the candidate of agricultural sciences (PhD). Bryansk, 23 p. [in Russian] (Астахов А. А. Селекционная оценка новых сортов и гибридов черешни по основным хозяйственно-ценным признакам: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 1998. 23 с.).
- Dospekhov B. A. (1985) Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Kolos, 416 p. [in Russian] (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 416 с.).
- Dubovsky M. L. (2016) Resistance of pollen in pear, sour cherry and sweet cherry genotypes to lead cations under *in vitro* conditions (Ustoychivost pyltsy genotipov grushi, vishni i chereschni k kationam svintsa v usloviyakh *in vitro*). In: Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia (Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii), no. 41(05), pp. 47–58 [in Russian] (Дубовский М. Л. Устойчивость пыльцы генотипов груши, вишни и черешни к катионам свинца в условиях *in vitro* // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016, № 41(05). С. 47–58).
- Nikolaevskaya T. S., Vetchinnikova L. V., Titov A. F., Lebedeva O. N. (2009) Study of pollen in native and introduced *Betula L.* species in Karelia (Izucheniye pyltsy u aborigennykh i introdutsirovannykh v usloviya Karelii predstaviteley roda *Betula L.*). *Proceedings of Karelian Scientific Center of the RAS (Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN)*, no. 4, pp. 90–95 [in Russian] (Николаевская Т. С., Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф., Лебедева О. Н. Изучение пыльцы у аборигенных и интродуцированных в условия Карелии представителей рода *Betula L.* // Труды Карельского научного центра РАН. 2009. № 4. С. 90–95).

- Orlova S. Yu., Yushev A. A. (2001) Viability of sour cherry pollen under cryoconservation. *Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture Horticulture and Vegetable Growing*, no. 20 (3), pp. 118–122.
- Parfitt D. E., Almejdi A. A. (1984) Liquid nitrogen storage of pollen from five cultivated *Prunus* species. *Hort. Science*, vol. 19(1), pp. 69–70.
- Pegg D. E. (2007) Principles of cryopreservation. *Methods Mol. Biol.*, 368, pp. 39–57.
- Rusanov F. N. (1967) More about basic concepts in plant introduction (Yeshche ob osnovnykh ponyatiyakh v introduktsii rasteniy). *Bulletin of the State Botanical Garden*

- (*Bulletin GBS*), iss. 67, pp. 3–8 [in Russian] (Русанов Ф. Н. Еще об основных понятиях в интродукции растений // Бюллетень ГБС. 1967. Вып. 67. С. 3–8).
- Verzhuk V. G., Filipenko G. I., Pavlov A. V., Porotnikov I. V., Bondaruk D. D. (2016) Effect of light and sucrose concentration in germination medium on germination of apple pollen (Vliyaniye sveta i kontsentratsii sakharozy v srede proraschivaniya na prarastaniye pyltsy yabloni). *The Way of Science (Put nauki)*, no. 3(25), pp. 14–19 [in Russian] (Вержук В. Г., Филипенко Г. И., Павлов А. В., Поротников И. В., Бондарук Д. Д. Влияние света и концентрации сахарозы в среде проращивания на прорастание пыльцы яблони // Путь науки. 2016, № 3(25). С. 14–19).

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Орлова С. Ю., Павлов А. В., Вержук В. Г. Жизнеспособность пыльцы сортов черешни (*Cerasus avium*) различного эколого-географического происхождения в условиях Северо-Западного региона России. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 66–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-66-72

Orlova S. Yu., Pavlov A. V., Verzhuk V. G. Viability of pollen in sweet cherry (*Cerasus avium*) varieties of different ecogeographic origin in the Northwestern region on Russia. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 66–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-66-72

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-66-72>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# ПОЛИМОРФИЗМ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ (*Fragaria × ananassa*) ПО ГЕНУ УСТОЙЧИВОСТИ К АНТРАКНОЗУ *Rca2*

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-73-77

УДК 634.75:577.2:632.4

Поступление/Received: 26.11.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

А. С. ЛЫЖИН, И. В. ЛУКЪЯНЧУК, Е. В. ЖБАНОВА

POLYMORPHISM OF THE *Rca2* ANTHRACNOSE RESISTANCE GENE IN STRAWBERRY CULTIVARS (*Fragaria × ananassa*)

A. S. LYZHIN, I. V. LUKYANCHUK, E. V. ZHBANOVA

Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина,  
393760 Россия, Тамбовская обл.,  
г. Мичуринск, ул. Мичурина, 30;  
✉ [Ranenburzhetc@yandex.ru](mailto:Ranenburzhetc@yandex.ru)

I. V. Michurin Federal Science Center,  
30 Michurina St., Michurinsk,  
Tambov Prov. 393760, Russia;  
✉ [Ranenburzhetc@yandex.ru](mailto:Ranenburzhetc@yandex.ru)

**Актуальность.** Антракноз, вызываемый фитопатогенными грибами рода *Colletotrichum*, – широко распространенное заболевание земляники садовой. Большинство существующих сортов земляники восприимчивы к антракнозу. В этой связи идентификация исходных форм, несущих гены устойчивости, является необходимым этапом успешной селекционной работы по созданию устойчивых к антракнозу сортов. Применение молекулярных маркеров повысит надежность идентификации и эффективность селекционного процесса по созданию устойчивых генотипов земляники. **Материалы и методы.** Биологическими объектами исследования являлись сорта земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) различного эколого-географического происхождения. Экстракция геномной ДНК сортов земляники проводилась из молодых листьев согласно методу Puchooa. Для оценки аллельного состояния гена устойчивости земляники к антракнозу *Rca2* использовался SCAR-маркер STS-*Rca2\_240*. **Результаты и выводы.** SCAR-маркер STS-*Rca2\_240*, картированный на расстоянии 2,8 сМ от гена *Rca2*, выявлен у сортов 'Elianny', 'Troubadour' и 'Сударушка'. Сорта 'Elianny' и 'Troubadour' предположительно характеризуются доминантным гомозиготным (*Rca2Rca2*) или гетерозиготным (*Rca2rca2*) генотипом. Сорт земляники 'Сударушка' имеет гетерозиготное состояние по гену *Rca2* (*Rca2rca2*). У остальных изученных сортов маркер STS-*Rca2\_240* не выявлен (предполагаемый генотип *rca2rca2*).

**Ключевые слова:** земляника, молекулярные маркеры, устойчивость, антракноз, ген *Rca2*

**Background.** Anthracnose, caused by phytopathogenic fungi of the genus *Colletotrichum*, is one of the most important strawberry diseases. Strawberry yield losses from anthracnose lesions can reach 80%. Most strawberry cultivars are susceptible to anthracnose. Therefore, identification of the initial forms carrying resistance genes is a necessary step toward successful breeding of anthracnose-resistant cultivars. Use of molecular markers will increase reliability of identification and enhance effectiveness of strawberry breeding.

**Materials and methods.** Biological material was represented by strawberry cultivars (*Fragaria × ananassa* Duch.) of various ecological and geographical origin. Total genomic DNA was extracted from the fresh leaves using the CTAB methods according to Puchooa (2004). To assess the allelic state of the *Rca2* anthracnose resistance gene, the SCAR marker STS-*Rca2\_240* was used. The SCAR marker STS-*Rca2\_240* was multiplexed with the microsatellite marker EMFv020 used as the positive PCR control. **Results and conclusion.** The SCAR marker STS-*Rca2\_240*, mapping at about 2.8 cM from the *Rca2* gene, was identified in the strawberry cultivars 'Elianny', 'Troubadour' and 'Sudarushka'. Cvs. 'Elianny' and 'Troubadour' are presumably characterized by a dominant homozygous (*Rca2Rca2*) or heterozygous (*Rca2rca2*) genotype. Cv. 'Sudarushka' has the heterozygous state for the *Rca2* anthracnose resistance gene (*Rca2rca2*). In the remaining cultivars studied, the marker STS-*Rca2\_240* was not detected (the prospective genotype is *rca2rca2*).

**Key words:** strawberry, molecular markers, resistance, anthracnose, the *Rca2* gene

## Введение

Антракнозная черная гниль – широко распространенное во многих странах Европы и Америки заболевание земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) (Freeman et al., 2002; Baroncelli et al., 2015; Forcelini et al., 2016). Возбудителями антракноза являются три вида фитопатогенных грибов рода *Colletotrichum*: *C. acutatum* J.H. Simmonds, *C. fragariae* A.N. Brooks, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. (Smith, 2008). В умеренном климатическом поясе наибольшей вредоносностью характеризуется вид *C. acutatum* (Golovin, 2014; Wagner, Hetman, 2016). Большинство сортов земляники, предназначенных для промышленного возделывания, в разной степени восприимчивы к антракнозной черной гнили (Sturzeanu et al., 2016; Wagner, Hetman, 2016; Holod et al., 2018).

*C. acutatum* поражает всю надземную часть растений земляники: побеги, листья, черешки, цветоносы, ягоды.

При этом возбудитель способен долгое время находиться на растении в латентном состоянии, что осложняет его идентификацию, проведение защитных мероприятий и способствует быстрому распространению с бессимптомным посадочным материалом. Потери урожая земляники от поражения ягод антракнозом составляют от 30 до 80%, а выпадения растений в маточных насаждениях – до 30% (Leandro et al., 2001; Golovin, 2014; Dudchenko et al., 2015).

Французские исследователи, изучив 14 изолятов *C. acutatum*, разделили их на две группы. Изоляты, относящиеся к 1-й группе патогенности, способны в сильной степени поражать неустойчивые ('Elsanta', 'Valeta'), умеренно устойчивый ('Addie') и устойчивые ('Sequoia', 'Dover') сорта земляники. Изоляты *C. acutatum* 2-й группы патогенности вирулентны к неустойчивым и среднеустойчивому сортам, но авирулентны к устойчивым генотипам земляники (Denoyes, Baudry, 1995).

У сортов земляники садовой выявлено два типа наследования устойчивости к антракнозной черной гнили: полигенное и моногенное. Полигенно детерминирована устойчивость к изолятам *C. acutatum* 1-й группы патогенности (Denoyes-Rothan et al., 2004). Моногенная устойчивость, контролируемая доминантным геном *Rca2*, выявлена к изолятам *C. acutatum*, относящимся ко 2-й группе патогенно-

сти (Lerceteanu-Kohler et al., 2002).

В Россию антракнозная черная гниль земляники была занесена сравнительно недавно, в 2003 году, вместе с инфицированным посадочным материалом из Италии (Holod et al., 2018), в связи с чем на территории нашей страны *C. acutatum*, видимо, представлен европейскими изолятами.

**Таблица 1. Анализируемые сорта земляники садовой**

**Table 1. Analyzed strawberry cultivars**

№	Сорт	Оригинатор
1	Алёна	Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, Россия
2	Витязь	
3	Русич	
4	Соловушка	
5	Зенит	
6	Сударушка	
7	Купчиха	Кокинский опорный пункт Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, Россия
8	Студенческая	Кокинский опорный пункт Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, Россия
9	Крымчанка 87	Ордена трудового красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Крым, Россия
10	Юниол	
11	Избранница	Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина, Россия
12	Ласточка	
13	Привлекательная	
14	Флора	
15	Дивная	Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, Россия
16	Царскосельская	
17	Фестивальная	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Россия
18	Торпеда	Свердловская селекционная станция садоводства Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, Россия
19	Былинная	Крымская опытно-селекционная станция – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Россия
20	Карнавал	Говорова Г. Ф., Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Россия
21	Олимпийская надежда	
22	Богема	
23	Незнакомка	Попова И. В., Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, Россия
24	Гирлянда	Агрофирма «Поиск», Россия
25	Troubadour	Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства, Россия, получен в Великобритании
26	Red Gauntlet	Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, Россия, Котласское, Россия, получен в Шотландии
27	Фестивальная ромашка	Институт садоводства Украинской аграрной академии наук, Украина
28	Polka	Plant Research International – WUR, Нидерланды
29	Gigantella Maxim	Получен в Нидерландах
30	Sonata	
31	Vima Tarda	Vissers International BV, Нидерланды
32	Vima Zanta	
33	Barlidaun	Получен в США
34	Marshall	
35	Samson	
36	Karmen	Получен в Чехии
37	Symphony	Mylnfield Research Services Ltd, Великобритания
38	Elianny	Gebr. Vissers, Netherlands, Нидерланды
39	Tokado	Получен в Японии

В условиях Российской Федерации необходимо изучение устойчивости интродуцированных и отечественных сортов земляники к антракнозу, в том числе и проведение молекулярного скрининга.

Для детекции доминантного аллеля *Rca2* Lerceteau-Kohler et al. разработаны SCAR-маркеры STS-Rca2\_240 и STS-Rca2\_417, расположенные на расстоянии 2,8 сМ и 0,6 сМ от гена соответственно. Так как аллели маркеров STS-Rca2\_240, STS-Rca2\_417 и гена *Rca2* наследуются сцепленно, то на основании присутствия или отсутствия целевых продуктов маркеров можно предсказать аллельное состояние гена *Rca2* (Lerceteau-Kohler et al., 2005). Использование диагностических ДНК-маркеров для выявления устойчивых к антракнозу генотипов земляники повысит надежность идентификации перспективных форм и эффективность селекционного процесса по созданию новых генотипов с заданными параметрами признаков.

В настоящем исследовании представлены результаты молекулярно-генетического анализа сортов земляники садовой по гену устойчивости к *C. acutatum Rca2*.

### Материалы и методы

Объектами исследования являлись сорта земляники садовой (*F. × ananassa*) различного эколого-географического происхождения (табл. 1).

Экстракция геномной ДНК сортов земляники проводилась из молодых листьев согласно протоколу Puchooa (Puchooa, 2004) с модификациями.

Оценка аллельного состояния гена *Rca2* проводилась с использованием SCAR-маркера STS-Rca2\_240. Целевым продуктом маркера STS-Rca2\_240 является ампликон размером 240 пн. Контроль протекания ПЦР осуществляли с использованием разработанного для *F. vesca* SSR-маркера EMFv020 (Lerceteau-Kohler et al., 2005). Праймеры были синтезированы в ЗАО «Синтол» (Москва) и имели следующую нуклеотидную последовательность:

- маркер STS-Rca2\_240: CAC\_240\_2F  
5'-GCCACGTCAGTCAAATTCAA-3', CAC\_240\_2RB  
5'-TCATGGACAGTGGTCTCAGC-3';
- маркер EMFv020: EMFv020\_F  
5'-CAGGCGCCAACGGCGTGTCTTGT-3', EMFv020\_R  
5'-CAGCGCCGACAGTCCCTAGG-3'.

Реакционная смесь для ПЦР объемом 15 мкл содержала 20 нг ДНК, 2,0 мМ dNTPs, 2,5 мМ MgCl<sub>2</sub>, 0,2 мМ каждого праймера, 0,8 U Taq-полимеразы и 1,5 мМ 10x Taq-буфера

(+(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, -MgCl<sub>2</sub>). Все компоненты произведены фирмой Thermo Fisher Scientific.

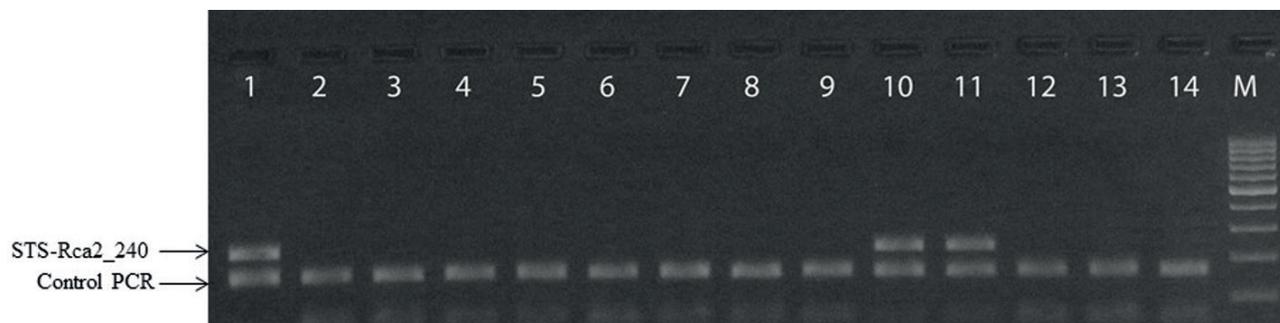
Мультиплексную ПЦР (STS-Rca2\_240+EMFv020) проводили в термоциклере T100 (BIO-RAD, США) по следующей программе: начальная денатурация при 95°C – 3 мин; 35 циклов: 95°C – 50 с, 65°C – 50 с, 72°C – 1 мин; финальная элонгация при 72°C – 5 мин.

Разделение продуктов амплификации осуществляли методом электрофореза в 2-процентном агарозном геле. Для определения длины амплифицированных фрагментов использовали маркер молекулярной массы Gene Ruler 100 bp DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific).

### Результаты и обсуждение

Проведенный молекулярно-генетический анализ показал присутствие маркера STS-Rca2\_240 у сортов земляники 'Elianny', 'Troubadour' и 'Сударушка'. Остальные изученные генотипы земляники садовой характеризуются рецессивным гомозиготным состоянием маркера STS-Rca2\_240 (предполагаемый генотип *rca2rca2*). Пример полученных электрофоретических спектров маркера STS-Rca2\_240 представлен на рисунке, результаты идентификации – в таблице 2.

Маркер STS-Rca2\_240 является доминантным, то есть целевой продукт амплифицируется только при наличии у генотипа доминантного аллеля *Rca2*. В связи с этим ген *Rca2* в генотипе сортов 'Elianny', 'Troubadour' и 'Сударушка' предположительно может находиться в двух состояниях – доминантном гомозиготном (*Rca2Rca2*) или гетерозиготном (*Rca2rca2*). Анализ происхождения сортов 'Elianny' и 'Troubadour' не позволил уточнить аллельный статус гена *Rca2*, так как для родительских форм отсутствуют сведения о наличии или отсутствии гена *Rca2*. Сорт земляники 'Сударушка' выделен в комбинации скрещивания Фестивальная × Roxana, в которой источником гена *Rca2* предположительно является сорт 'Roxana' (генотип *Rca2Rca2* или *Rca2rca2*), так как, согласно нашим данным, сорт 'Фестивальная' характеризуется рецессивным гомозиготным статусом маркера STS-Rca2\_240 (см. табл. 2), что предположительно свидетельствует о рецессивном гомозиготном генотипе по гену *Rca2*. В связи с вышеизложенным, комбинация скрещивания Фестивальная × Roxana имеет вид *rca2rca2* × *Rca2Rca2*(*rca2*), и сорт земляники 'Сударушка' предположительно имеет гетерозиготный генотип по гену *Rca2* (*Rca2rca2*).



**Рисунок.** Электрофоретический профиль маркера STS-Rca2\_240 сортов земляники

**Примечание:** 1 – Elianny, 2 – Marshall, 3 – Symphony, 4 – Незнакомка, 5 – Zenit, 6 – Sonata, 7 – Karmen, 8 – Былинная, 9 – Samson, 10 – Troubadour, 11 – Сударушка, 12 – Tokado, 13 – Ласточка, 14 – Флора, М – маркер молекулярного веса

**Figure.** Electrophoresis profile of the marker STS-Rca2\_240 in strawberry cultivars

**Note:** 1 – Elianny, 2 – Marshall, 3 – Symphony, 4 – Neznakomka, 5 – Zenit, 6 – Sonata, 7 – Karmen, 8 – Bylinnaya, 9 – Samson, 10 – Troubadour, 11 – Sudarushka, 12 – Tokado, 13 – Lastochka, 14 – Flora, M – molecular weight marker

**Таблица 2.** Результаты ПЦР-анализа сортов земляники по маркеру STS-Rca2\_240  
**Table 2.** Results of the PCR analysis of strawberry cultivars for the marker STS-Rca2\_240

№	Сорт	Маркер STS-Rca2_240	Предполагаемый генотип по гену Rca2
1	Алёна	-	rca2rca2
2	Витязь	-	rca2rca2
3	Русич	-	rca2rca2
4	Соловушка	-	rca2rca2
5	Зенит	-	rca2rca2
6	Сударушка	+	Rca2rca2
7	Купчиха	-	rca2rca2
8	Студенческая	-	rca2rca2
9	Крымчанка 87	-	rca2rca2
10	Юниол	-	rca2rca2
11	Избранница	-	rca2rca2
12	Ласточка	-	rca2rca2
13	Привлекательная	-	rca2rca2
14	Флора	-	rca2rca2
15	Дивная	-	rca2rca2
16	Царскосельская	-	rca2rca2
17	Фестивальная	-	rca2rca2
18	Торпеда	-	rca2rca2
19	Былинная	-	rca2rca2
20	Гирлянда	-	rca2rca2
21	Карнавал	-	rca2rca2
22	Олимпийская надежда	-	rca2rca2
23	Богема	-	rca2rca2
24	Troubadour	+	Rca2Rca2 или Rca2rca2
25	Red Gauntlet	-	rca2rca2
26	Фестивальная ромашка	-	rca2rca2
27	Barlidaun	-	rca2rca2
28	Gigantella Maxim	-	rca2rca2
29	Polka	-	rca2rca2
30	Elianny	+	Rca2Rca2 или Rca2rca2
31	Marshall	-	rca2rca2
32	Symphony	-	rca2rca2
33	Незнакомка	-	rca2rca2
34	Sonata	-	rca2rca2
35	Karmen	-	rca2rca2
36	Samson	-	rca2rca2
37	Tokado	-	rca2rca2
38	Vima Tarda	-	rca2rca2
39	Vima Zanta	-	rca2rca2

**Примечание:** символы показывают присутствие (+) или отсутствие (-) маркера STS-Rca2\_240

### Заключение

Таким образом, в результате проведенного молекулярно-генетического анализа маркер STS-Rca2\_240, сцепленный с доминантным аллелем *Rca2*, идентифицирован у сортов земляники 'Elianny', 'Troubadour' и 'Сударушка'. У сорта 'Сударушка' ген *Rca2* предположительно находится в гетерозиготном состоянии (*Rca2rca2*), у сортов 'Elianny', 'Troubadour' – в доминантном гомозиготном (*Rca2Rca2*) или гетерозиготном (*Rca2rca2*) состоянии. У остальных проанализированных генотипов земляники маркер STS-Rca2\_240 не выявлен (предполагаемый генотип *rca2rca2*).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Тамбовской области в рамках научного проекта № 18-416-680002.

### References/Литература

Baroncelli R., Zapparata A. et al. (2015) Molecular diversity of anthracnose pathogen populations associated with UK strawberry production suggests multiple introductions of three different *Colletotrichum* species. *PLoS One*, vol. 10(6), pp. e0129140. DOI: 10.1371/journal.pone.0129140

- Denoyes B., Baudry A. (1995) Species Identification and Pathogenicity Study of French *Colletotrichum* Strains Isolated from Strawberry Using Morphological and Cultural Characteristics. *Phytopathology*, vol. 85(1), pp. 53–57. DOI: 10.1094/Phyto-85-53
- Denoyes-Rothan B., Lerceteau-Kohler E. et al. (2004) QTL analysis for resistance to *Colletotrichum acutatum* and *Phytophthora cactorum* in octoploid strawberry (*Fragaria × ananassa*). *Acta Hort.*, vol. 663, pp. 147–151. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.663.19
- Dudchenko I. P., Skripka O. V. et al. (2015) Outbreak of strawberry anthracnose in Voronezh Province (Vspyshka antraknoza zemlyaniki v Voronezhskoy oblasti). In: Modern Mycology in Russia: Proceedings of the III International Mycological Forum (Sovremennaya mikologiya v Rossii: Materialy III Mezhdunarodnogo mikologicheskogo foruma), Moscow, vol. 5(4), pp. 28–29 [in Russian] (Дудченко И. П., Скрипка О. В. и др. Вспышка антракноза земляники в Воронежской области // Современная микология в России: Материалы III Международного микологического форума. Москва. 2015. № 5 (4). С. 28–29).
- Forcelini B. B., Seijo T. E. et al. (2016) Resistance in strawberry isolates of *Colletotrichum acutatum* from Florida to quinone-outside inhibitor fungicides. *Plant Disease*, vol. 100(10), pp. 2050–2056. DOI: 10.1094/PDIS-01-16-0118-RE
- Freeman S., Shalev Z. et al., (2002) Survival in soil of *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporoides* pathogenic to strawberry. *Plant Dis.*, vol. 86(9), pp. 965–970. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.9.965
- Golovin S. E. (2014) New diseases of strawberries in the central Russia (Novye bolezni zemlyaniki v sredney polose Rossii). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia (Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii)*, vol. 1, pp. 88–95 [in Russian] (Головин С. Е. Новые болезни земляники в средней полосе России // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. № 1. С. 88–95).
- Holod N. A., Kashchits Y. P. et al. (2018) Evaluation of stability of strawberry varieties to anthracnose black rot in the southern region (Otsenka ustoychivosti sortov zemlyaniki sadovoy k antraknoznoy chernoy gnili v yuzhnom regione). *Fruit Growing and Viticulture of South Russia (Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii)*, vol. 51(3), pp. 140–148 [in Russian] (Холод Н. А., Кашчиц Ю. П. и др. Оценка устойчивости сортов земляники садовой к антракнозной черной гнили в южном регионе // Плодоводство и виноградарство юга России. 2018. № 51(3). С. 140–148. <http://journalkubansad.ru/pdf/18/03/14.pdf>). DOI: 10.30679 / 2219-5335-2018-3-51-137-145
- Leandro L. F. S., Gleason M. L. et al. (2001) Germination and sporulation of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. *Phytopathology*, vol. 91(7), pp. 659–664. DOI: 10.1094/PHYTO.2001.91.7.659
- Lerceteau-Kohler E., Roudeillac P. et al. (2002) The use of molecular markers for durable resistance breeding in the cultivated strawberry (*Fragaria × ananassa*). *Acta Hort.*, vol. 567(2), pp. 615–618. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.567.132
- Lerceteau-Kohler E., Guerin G. et al. (2005) Identification of SCAR markers linked to *Rca2* anthracnose resistance gene and their assessment in strawberry germplasm. *Theor. Appl. Genet.*, vol. 111, pp. 862–870. DOI: 10.1007/s00122-005-0008-1
- Puchooa D. A. (2004) Simple, rapid and efficient method for the extraction of genomic DNA from lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *African Journal of Biotechnology*, vol. 3, no. 4, pp. 253–255.
- Smith B. J. (2008) Epidemiology and pathology of strawberry anthracnose: a North American perspective. *Hort. Science*, vol. 43(1), pp. 69–73.
- Sturzeanu M., Coman M. et al. (2016) Molecular characterization of allelic status of the *Rpf1* and *Rca2* genes in six cultivars of strawberries. *Acta Hort.*, vol. 1139, pp. 107–112. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1139.19
- Wagner A., Hetman B. (2016) Susceptibility of strawberry cultivars to *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, vol. 15(6), pp. 209–219.

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of the financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Лыжин А. С., Лукьянчук И. В., Жбанова Е. В. Полиморфизм сортов земляники (*Fragaria × ananassa*) по гену устойчивости к антракнозу *Rca2*. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 73-77. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-73-77

Lyzhin A. S., Lukyanchuk I. V., Zhanova E. V. Polymorphism of the *Rca2* anthracnose resistance gene in strawberry cultivars (*Fragaria × ananassa*). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 73-77. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-73-77

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-73-77>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# COMMON VETCH (*VICIA SATIVA*) MULTI-PODDED MUTANTS FOR ENHANCED COMMERCIAL SEED PRODUCTION

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-78-81

Received/Поступление: 14.01.2019

Accepted/Принято: 06.03.2019

ALEKSANDAR MIKIĆ<sup>1\*</sup>, VOJISLAV MIHAILOVIĆ<sup>2</sup>, ĐURA KARAGIĆ<sup>2</sup>, BRANKO MILOŠEVIĆ<sup>2</sup>, DRAGAN MILIĆ<sup>2</sup>, SANJA VASILJEVIĆ<sup>2</sup>, SNEŽANA KATANSKI<sup>2</sup>, DALIBOR ŽIVANOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novi Sad, Serbia;<sup>2</sup> Institute of Field and Vegetable Crops, Forage Crops Department, Novi Sad, Serbia;

\* ✉ aleksandar.mikich@gmail.com

МНОГОБОБОВЫЕ МУТАНТЫ ВИКИ ПОСЕВНОЙ (*VICIA SATIVA*) ДЛЯ ПЕРЕДОВОГО КОММЕРЧЕСКОГО СЕМЕНОВОДСТВА

АЛЕКСАНДР МИКИЧ<sup>1\*</sup>, ВОЙИСЛАВ МИХАИЛОВИЧ<sup>2</sup>, ДЖЮРА КАРАГИЧ<sup>2</sup>, БРАНКО МИЛОШЕВИЧ<sup>2</sup>, ДРАГАН МИЛИЧ<sup>2</sup>, САНЬЯ ВАСИЛЬЕВИЧ<sup>2</sup>, СНЕЖАНА КАТАНСКИ<sup>2</sup>, ДАЛИБОР ЖИВАНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Нови-Сад, Сербия;<sup>2</sup> Институт полеводства и овощеводства, отдел кормовых культур, Нови-Сад, Сербия;

\* ✉ aleksandar.mikich@gmail.com

In comparison to other annual forage legumes, such as pea (*Pisum sativum* L.), advances in breeding vetches (*Vicia* spp.) are rather modest. One of the main obstacles in increasing the cultivation area under vetches is uncertain seed production, mostly due to their indeterminate stem growth and non-uniform maturity, with the genes controlling these important traits still unattested. In contrast, in wild populations of common vetch (*V. sativa* L.) the genes have been identified, isolated in this study, and mutant plants with more than usual two pods per node tested. Crossing these mutant genotypes with wild-type ones demonstrated that the number of pods in this vetch species is controlled by two genes, orthologs to *FN* and *FNA* in pea. If both genes are recessive, a plant will have more than two flowers per each node and, depending on not yet clarified environmental factors, more than two pods per node. Developing vetch cultivars with more than two pods per node may be one of the solutions for enhancing seed production in this crop.

**Key words:** breeding, common vetch, multi-podded mutants, seed production

По сравнению с другими однолетними кормовыми бобовыми культурами, такими как горох (*Pisum sativum* L.), достижения в селекции вики (*Vicia* spp.) довольно скромные. Одно из основных препятствий на пути увеличения посевных площадей под вику – затрудненный процесс семеноводства, обусловленный главным образом неограниченным ростом стебля и неоднородным созреванием растений, так как все еще не подтверждена роль генов, контролирующих эти важные признаки. В дикорастущих популяциях вики посевной (*V. sativa* L.) эти гены, напротив, идентифицированы и выделены, а также проведен анализ растений-мутантов, образующих более двух бобов на один узел. Скрещивание этих мутантных генотипов с обычными дикорастущими показало, что число бобов у этих двух видов контролируется двумя генами, ортологичными генам *FN* и *FNA* у гороха. Если оба гена рецессивные, растение формирует более двух цветков на каждый узел и, в зависимости от еще не проясненных факторов окружающей среды, более двух бобов на узел. Выведение сортов вики с более чем двумя бобами на узел может стать одним из путей решения проблемы семеноводства этой культуры.

**Ключевые слова:** селекция, вика посевная, многобобовые мутанты, семеноводство

## Introduction

The genus vetch (*Vicia* L.) comprises more than 100 species, with bitter vetch (*V. ervilia* (L.) Willd.), faba bean (*V. faba* L.), Hungarian (*V. pannonica* Crantz), common (*V. sativa* L.) and hairy (*V. villosa* Roth) vetches as the economically most important (Mihailović et al., 2006). Most cultivated vetch species originated in the Near Eastern and Mediterranean centres of diversity (Zeven and Zhukovsky, 1975). Vetches have been present in human diets since the age of Neanderthal man, as witnessed by fossilised macroremains from modern Iraq 46,000 years old (Henry et al., 2011). Bitter vetch and faba bean are considered ones of the first domesticated plant species in the world (Tanno and Willcox, 2006). It is noteworthy that the first known extraction of ancient DNA (aDNA) in the world was done from 3,200 years old charred bitter vetch seeds (Jovanović et al., 2011).

Today, faba bean is regarded almost exclusively as a grain legume crop, thus is not colloquially counted among the vetch-crops. Most cultivated vetch species are multifunctional crops

and may be used as fresh forage, forage dry matter, forage meal, grain, straw, as well as for grazing (Mihailović et al., 2004). Today, vetches are most widely grown in Turkey, Russian Federation, Spain, Ethiopia and Australia, with 90,000 ha, 75,463 ha, 75,000 ha, 73,314 ha and 48,000 ha, respectively (FAOSTAT, 2014).

In comparison to other annual legumes, such as pea (*Pisum sativum* L.) or faba bean (*V. faba*), advances in breeding common vetch are rather modest. In most European countries, it is autumn- and spring-sown landraces, mostly intercropped with cereals, that satisfy the requests by local farmers for a relatively low-input production of high-quality source of plant protein, and thus request almost no need for advanced breeding (Mikić & Mihailović 2015). In Serbia, almost all 11 registered cultivars of common vetch were developed in the Institute of Field and Vegetable Crops (IFVCNS) in Novi Sad.

One of the major problems in commercialisation of a common vetch cultivar is a reliable seed production (Karagić et al., 2009). The aim of this preliminary research was to assess the possibility to solve this important issue by introducing multi-podded common vetch mutants in breeding programmes.

**Таблица 1.** Средняя урожайность кормового сухого вещества и семян у трех отдельных линий вики посевной в связи с числом цветков/бобов на узел в условиях Римски Шанчеви, 2011–2013 гг.**Table 1.** Average forage dry matter and seed yields in three distinct common vetch lines regarding the number of flowers/pods per node at Rimski Šančevi from 2011 to 2013

Line	Genotype	Phenotype (number of flowers/pods per node)	Forage dry matter yield (t/ha <sup>-1</sup> )	Seed yield (kg/ha <sup>-1</sup> )
NS 08/12	<i>FAFA FNAFNA</i>	1	8.5	1560
NS 07/03	<i>FAFA fnafna</i>	2	8.0	1605
VSMP 04	<i>fafa fnafna</i>	3, 4	6.2	2327
<i>LSD</i> <sub>0.05</sub>			0.8	353

### Methods

A small-plot trial was carried out at the Experimental Field of the Institute of Field and Vegetable Crops at Rimski Šančevi, 19°51' N, 45°20' E and 84 m asl, in the vicinity of Novi Sad, at a slightly carbonated chernozem (syn. castanosol) soil, from 2011 to 2013. It included three common vetch lines, individually selected from wild common vetch populations in the vicinity of Novi Sad, with different genetic control of the number of flowers/pods per node, namely NS 08/12, NS 08/09 and VSMP 04, with three and/or four pods per node. In all three years, they were sown in early March, as a randomised block design and with a plot size of 5 m<sup>2</sup> and six replicates, three of which were cut in full bloom and served for determining forage dry matter yield (t/ha<sup>-1</sup>), while the remaining three were harvested in full maturity of first pods and used for measuring seed yield (kg/ha<sup>-1</sup>). The obtained results were processed by ANOVA using the software STATISTICA 10 with the *t*-test applied.

In parallel, in 2009, all three lines were included in a full diallel hybridisation scheme (Table 1) in a glasshouse and a subsequent multiplication of the hybrid progenies in the field conditions, in order to understand the mode of inheritance of the flower/node number in common vetch. Since there were no available references on common vetch genetics, it was assumed that this trait could be under a similar control as in pea, that is, by two independent genes, *FN* and *FNA*, which interaction produces four genotypes and three genotypes (Sinjushin, 2013): *FNFN FNAFNA* has one flower/pod per node, *FNFN fnafna* and *fnfn FNAFNA* have two flowers/pods per node and *fnfn fnafna* have three, four or more flowers/pods per node. In other words, it was presumed that the genetic structure of the lines NS 08/12, NS 08/09 and VSMP 04 was *FNFN FNAFNA*,

*FNFN fnafna* or *fnfn FNAFNA* and *fnfn fnafna*, respectively. These hypotheses were evaluated by applying  $\chi^2$ -test.

### Results and Discussion

**Forage and seed yields.** There were significant differences in both forage dry matter yield and seed yield among the three tested lines of common vetch at a level of 0.05 (Table 1). The lines with one and two flowers/pods per node, NS 08/12 and NS 07/03, had significantly higher three-year values of forage dry matter yield (8.5 t/ha<sup>-1</sup> and 8.0 t/ha<sup>-1</sup>) in comparison to the line with three and more flowers/pods per node, VSMP 04 (6.2 t/ha<sup>-1</sup>). The forage dry matter yields in all three cultivars were lower than in a previously carried out study comprising more common vetch genotypes in the same environment, with an average forage dry matter yield of 8.8 t/ha<sup>-1</sup> (Mikić et al. 2014). On the other hand, VSMP 04 had significantly higher three-year values of seed yield (2327 kg/ha<sup>-1</sup>) than NS 08/12 and NS 07/03 (1560 kg/ha<sup>-1</sup> and 1605 kg/ha<sup>-1</sup>). The line VSMP also had much higher average seed yield than the average of a trial including a larger number of common vetch accessions of diverse origin and status in the same agroecological conditions, with 1744 kg/ha<sup>-1</sup> (Mikić et al. 2013).

The hybridisation among the three distinct common vetch lines was carried out according to the full diallel scheme in a glasshouse in 2011, with 30 crosses per combination, with the *F*<sub>1</sub> and *F*<sub>2</sub> plants grown in the field conditions during 2012 and 2013, respectively (Table 2).

The results of the applied  $\chi^2$ -test show a high probability that the number of flowers/pods in common vetch is controlled by two independent genes, orthologs to the genes *FN* and *FNA* in pea, a botanically very close species (Tables 3, 4 and 5).

**Таблица 2.** Результаты гибридизации трех отдельных линий вики посевной в связи с числом цветков/бобов на узел в условиях теплицы (2011) и у поколений *F*<sub>1</sub> и *F*<sub>2</sub>, выращенных в полевых условиях в Римски Шанчеви (2012–2013 гг.).**Table 2.** Results of the hybridisation of three distinct common vetch lines regarding number of flowers/pods per node in a glasshouse in 2011 and with *F*<sub>1</sub> and *F*<sub>2</sub> progenies grown in the field conditions at Rimski Šančevi in 2012 to 2013

Crosses (♀ × ♂)	Number of crosses	Number of <i>F</i> <sub>1</sub> pods	Number of <i>F</i> <sub>1</sub> seeds	Number of <i>F</i> <sub>1</sub> plants	Number of <i>F</i> <sub>2</sub> seeds	Number of <i>F</i> <sub>2</sub> plants
NS 08/12 × NS 07/03	30	26	132	117	705	663
NS 07/03 × NS 08/12	30	25	123	113	566	543
Average	30	26	128	115	635	603
NS 08/12 × VSMP 04	30	18	72	55	274	233
VSMP 04 × NS 08/12	30	16	80	62	370	303
Average	30	17	76	58	322	268
NS 07/03 × VSMP 04	30	22	88	81	486	432
VSMP 04 × NS 07/03	30	24	120	113	564	513
Average	30	23	104	97	525	473

**Таблица 3. Результаты тестирования критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ) у потомства линий NS 08/12 × NS 07/03, предположительно относящихся к генотипам *FNFN FNAFNA* и *FNFN fnafna***

**Table 3. The results of a  $\chi^2$ -test of the progenies between the lines NS 08/12 × NS 07/03, with assumed genotypes of *FNFN FNAFNA* and *FNFN fnafna***

Parental lines	<i>FNFN FNAFNA</i>		<i>FNFN fnafna</i>	
Gametes	<i>FN FNA</i>		<i>FN fna</i>	
F <sub>1</sub>	<i>FNFN FNAfna</i>			
F <sub>2</sub>	<i>FN FNA</i>		<i>FN fna</i>	
<i>FN FNA</i>	<i>FNFN FNAFNA</i>	<i>FNFN FNAfna</i>	<i>FNFN FNAfna</i>	<i>FNFN FNAfna</i>
<i>FN fna</i>	<i>FNFN FNAfna</i>	<i>FNFN fnafna</i>	<i>FNFN fnafna</i>	<i>FNFN fnafna</i>
Phenotype	<i>FN FNA</i>		<i>FN fna</i>	
e	455		148	
t	452.25		150.75	
d = e - t	2.75		-2.75	
d <sup>2</sup>	7.5625		7.5625	
d <sup>2</sup> / t	0.016721946		0.050165837	
$\chi^2$	0.066887783			
P	80%			

**Note:** e – real number of the plants with a specific phenotype; t – theoretical number of the plants with a specific phenotype; P – probability according to the tables of the  $\chi^2$  distribution

The  $\chi^2$ -test in the case of the hybrid progeny of the lines NS08/12 × NS07/03 revealed that the F<sub>2</sub> generation comprised two phenotypes, identical to those of the parental lines, that is, with one and two flowers/pods per node, at a ratio of 3: 1 and with a probability of 80% (Table 3).

In the F<sub>2</sub> hybrid progeny of the lines NS08/12 × VSMP 04, there were all three possible phenotypes regarding the number of flower/pods per node, namely one, two and three or more, at a ratio of 9: 6: 1 and with a probability of 75% (Table 4).

Similarly to the results of the applied  $\chi^2$ -test of the lines NS08/12 × NS07/03, the F<sub>2</sub> generation of the crossings between the lines NS07/03 × VSMP 04 comprised two phenotypes, identical to the parental line ones, that is, with two and three or more flowers/pods per node, at a ratio of 3: 1 and with a prob-

ability of 85% (Table 5).

The summarised results of the applied  $\chi^2$ -test confirm that the flower/pod number per node in common vetch is inherited in a similar way to the one present in pea, that is, by means of two independent genes, here tentatively designated as *FN* and *FNA* in the same fashion like their orthologs in pea. Generally, it is regarded that the lines with more than two flowers/pods per node in pea are not promising for a wider use in production, since this trait negatively affects several other important agronomic characteristics, especially the chemical composition of grain. For this reason, developing pea cultivars with more than two flowers/pods per node, despite few opposite viewpoints (Puzio-Idźkowska, 1998), is largely abandoned.

**Таблица 4. Результаты тестирования критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ) у потомства линий NS 08/12 × VSMP 04, предположительно относящихся к генотипам *FNFN FNAFNA* и *fnfn fnafna***

**Table 4. The results of a  $\chi^2$ -test of the progenies between the lines NS 08/12 × VSMP 04, with assumed genotypes of *FNFN FNAFNA* and *fnfn fnafna***

Parental lines	<i>FNFN FNAFNA</i>		<i>fnfn fnafna</i>	
Gametes	<i>FN FNA</i>		<i>fn fna</i>	
F <sub>1</sub>	<i>fnfn FNAfna</i>			
F <sub>2</sub>	<i>FN FNA</i>	<i>FN fna</i>	<i>fn FNA</i>	<i>fn fna</i>
<i>FN FNA</i>	<i>FNFN FNAFNA</i>	<i>FNFN FNAfna</i>	<i>FNfn FNAFNA</i>	<i>FNfn FNAfna</i>
<i>FN fna</i>	<i>FNFN FNAfna</i>	<i>FNFN fnafna</i>	<i>FNfn FNAfna</i>	<i>FNfn fnafna</i>
<i>fn FNA</i>	<i>FNfn FNAFNA</i>	<i>FNfn FNAfna</i>	<i>fnfn FNAFNA</i>	<i>fnfn FNAfna</i>
<i>fn fna</i>	<i>FNfn FNAfna</i>	<i>FNfn fnafna</i>	<i>fnfn FNAfna</i>	<i>fnfn fnafna</i>
Phenotype	<i>FN FNA</i>		<i>fn fna</i>	
e	153		16	
t	150.75		16.75	
d = e - t	2.25		-0.75	
d <sup>2</sup>	5.0625		0.5625	
d <sup>2</sup> / t	0.03358209		0.03358209	
$\chi^2$	0.089552239			
P	75%			

**Note:** e – real number of the plants with a specific phenotype; t – theoretical number of the plants with a specific phenotype; P – probability according to the tables of the  $\chi^2$  distribution

**Таблица 5. Результаты тестирования критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ) у потомства линий NS 07/03 × VSMP 04, предположительно относящихся к генотипам *FNfN fnafna* и *fnfn fnafna*****Table 5. The results of a  $\chi^2$ -test of the progenies between the lines NS 07/03 × VSMP 04, with assumed genotypes of *FNfN fnafna* and *fnfn fnafna***

Parental lines	<i>FNfN fnafna</i>	<i>fnfn fnafna</i>
Gametes	<i>FN fna</i>	<i>fn fna</i>
$F_1$	<i>FNfn fnafna</i>	
$F_2$	<i>FN fna</i>	<i>fn fna</i>
<i>FN fna</i>	<i>FNfN fnafna</i>	<i>FNfn fnafna</i>
<i>fn fna</i>	<i>FNfn fnafna</i>	<i>fnfn fnafna</i>
Phenotype	<i>FN fna</i>	<i>fn fna</i>
e	357	116
t	354.75	118.25
d = e - t	2.25	-2.25
d <sup>2</sup>	5.0625	5.0625
d <sup>2</sup> / t	0.014270613	0.042811839
$\chi^2$	0.057082452	
P	85%	

**Note:** e – real number of the plants with a specific phenotype; t – theoretical number of the plants with a specific phenotype; P – probability according to the tables of the  $\chi^2$  distribution

### Conclusion

Breeding common vetches for forage production is aimed at increasing the crop's yield, improving its chemical composition and enhancing its seed production to an economically satisfactory extent. Thus, unlike in pea, developing common vetch cultivars with more than two pods per node may increase seed

yield, especially if, as demonstrated in this research, it is possible to introduce this trait into the typical forage cultivars by simple crossing and thus merge reliable forage and seed yields.

The project TR-31024 of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

### References/Литература

- FAOSTAT. Peas, dry (2013) Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://faostat.fao.org>
- Henry A. G., Brooks A. S., Piperno D. R. (2011) Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, no. 108, pp. 486–491.
- Jovanović Ž., Stanisavljević N., Nikolić A., Medović A., Mikić A., Radović S., Đorđević V. (2011) *Pisum* & *Ervilia Tetovac* – made in Early Iron Age Leskovac. Part two. Extraction of the ancient DNA from charred seeds from the site of Hissar in South Serbia. *Ratar. Povrt.*, no. 48, pp. 227–232.
- Karagić Đ., Katić S., Mihailović V., Milošević B. (2009) Breeding forage legumes for enhanced seed production. *Grain Legum.*, no. 51, p. 30.
- Mihailović V., Mikić A., Čupina B., Katić S., Karagić Đ., Pataki I., Erić P. (2006) Yield and forage yield components in winter vetch cultivars. *Grassl. Sci. Eur.*, no. 11, pp. 255–257.
- Mikić A., Mihailović V., Čupina B., Vasiljević S., Milošević B., Katanski S., Matić R., Radojević V., Kraljević-Balalić M. (2013) Agronomic characteristics related to grain yield and crude protein content in common vetch (*Vicia sativa*) accessions of diverse geographic origin. *N. Z. J. Agric. Res.*, no. 56, pp. 297–308.
- Mikić A., Mihailović V., Čupina B., Milić D., Katić S., Karagić Đ., Pataki I., D'Ottavio P., Kraljević-Balalić M. (2014) Forage yield components and classification of common vetch (*Vicia sativa* L.) cultivars of diverse geographic origin. *Grass Forage Sci.*, no. 69, pp. 315–322.
- Puzio-Idźkowska M. (1998) Grochopeluska trójstrąkowa – nowa forma rośliny strączkowej typu nasiennego. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.*, no. 439, pp. 49–53.
- Sinjushin A. (2013) Mutation genetics of pea (*Pisum sativum* L.): What is done and what is left to do. *Ratar. Povrt.*, no. 50, pp. 36–43.
- Tanno K., Willcox G. (2006) The origins of cultivation of *Cicer arietinum* L. and *Vicia faba* L.: Early finds from Tell el-Kerkh, north-west Syria, late 10th millennium B.P. *Veg. Hist. Archaeobot.*, no. 15, pp. 197–204.
- Zeven A. C., Zhukovsky P. M. (1975) Dictionary of Cultivated Plants and Their Centres of Diversity. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

### Для цитирования/How to cite this article

Александр Микич, Войслав Михаилович, Джюра Карагич, Бранко Милошевич, Драган Милич, Санья Васильевич, Снежана Катански, Далибор Живанов Многобобовые мутанты вики посевной (*Vicia sativa*) для передового коммерческого семеноводства. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 78–81. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-78-81

Aleksandar Mikić, Vojislav Mihailović, Đura Karagić, Branko Milošević, Dragan Milić, Sanja Vasiljević, Snežana Katanski, Dalibor Živanov. Common vetch (*Vicia sativa*) multi-podded mutants for enhanced commercial seed production. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 78–81. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-78-81

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

### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-78-81>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE*) В ВОЛГО-ВЯТСКОМ РЕГИОНЕ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-82-88

УДК 633.16:631.527.8

Поступление/Received: 27.12.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

О. Н. ШУПЛЕЦОВА<sup>1,2</sup>, И. Н. ЩЕННИКОВА<sup>1,3</sup>GENETIC SOURCES FOR BARLEY (*HORDEUM VULGARE*) BREEDING IN THE VOLGA-VYATKA REGIONO. N. SHUPLETSOVA<sup>1,2</sup>, I. N. SHCHENNIKOVA<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Федеральный аграрный научный центр (ФАНЦ) Северо-Востока, 610007 Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166 а;

✉ olga.shuplecova@mail.ru

<sup>2</sup> Вятский государственный университет, 610000 Россия, г. Киров, ул. Московская, 36;

<sup>3</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017 г. Киров, Октябрьский проспект, 133;

✉ i.schennikova@mail.ru

<sup>1</sup> Federal Agricultural Scientific Center (FASC) of the North-East, 166-a Lenina St., Kirov 610007, Russia;

✉ olga.shuplecova@mail.ru

<sup>2</sup> Vyatka State University, 36 Moskovskaya St., Kirov 610000, Russia;

<sup>3</sup> Vyatka State Agricultural Academy, 133 Oktyabrsky Ave., Kirov 610017, Russia;

✉ i.schennikova@mail.ru

**Актуальность.** В условиях северо-востока Нечерноземной зоны России актуально создание сортов ячменя с устойчивостью к повышенной почвенной кислотности, засухе и болезням. Повышение урожайности на стрессовых фонах достигалось сочетанием различных селекционных методов, в т. ч. с привлечением клеточных технологий. **Материалы и методы.** Источником селекционно ценных признаков являлись образцы ячменя из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР). Коллекционные образцы ячменя изучали в полевых и лабораторных испытаниях ФАНЦ Северо-Востока по следующим целевым качествам вновь создаваемых сортов: урожайность зерна, продолжительность вегетационного периода, устойчивость к полеганию, болезням, почвенному стрессу. На искусственных питательных средах *in vitro* с добавлением селективных агентов, моделирующих воздействие природных стрессоров, осуществляли культивирование каллусной ткани ячменя и регенерацию растений. **Результаты и обсуждение.** Для дальнейшей селекционной работы выделены источники: скороспелости – ‘Дина’ (к-29216, Россия), ‘Андрей’ (к-30122, Россия) и др.; сочетающие урожайность со скороспелостью – ‘Белогорский 90’ (к-29770, Россия), ‘Сябра’ (к-29917, Беларусь) и др.; устойчивости к полеганию – ‘Муссон’ (к-30968, Россия), ‘Феникс’ (к-30835, Украина) и др.; болезням – ‘Дина’ (к-29216, Россия), ‘Медикум 33б’ (к-3096, Россия) и др.; почвенным стрессам – ‘Тандем’ (к-30883, Россия), ‘Новичок’ (к-30806, Россия) и др. Кроме того, выделены образцы, перспективные для проведения клеточной селекции – ‘Эколог’ (к-29417, Россия), ‘Conrad’ (к-30406, США) и др. Определены общие принципы подбора исходных генотипов для использования в культуре ткани ячменя. Практический интерес представляет применение клеточной селекции по отношению к чувствительным и среднеустойчивым к стрессорам сортам. С участием коллекционных образцов созданы сорта ярового ячменя, адаптивные к условиям возделывания в Волго-Вятском регионе: методом гибридизации и отбора – более тридцати сортов, с привлечением культуры ткани *in vitro* – шести сортов.

**Ключевые слова:** ячмень, генетический источник, коллекция, урожайность, устойчивость, алюмокислый стресс, засуха, скороспелость, полегание, болезни, культура *in vitro*, соматоклональные линии, регенерант

**Background.** The environmental conditions in the northeast of the Russian Non-Black-Soil zone require development of barley cultivars with resistance to higher soil acidity, drought and diseases. Increased productivity in stressful environments was achieved by combining different breeding techniques, including application of cell technologies. **Materials and methods.** Barley accessions from the unique collection of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) served as sources of useful traits. These accessions underwent field- and laboratory-based research at the FASC of the North-East, which was targeted at the main qualities of breeding value: grain yield, growing season duration, and resistance to lodging, diseases and soil stress. Cultivation of callus tissues and regeneration of barley plants were performed *in vitro* on artificial nutrient media modified by adding selective agents simulating the effect of natural stressors. **Results and discussion.** After studying the accessions from VIR for various traits of breeding value for the environments of the Volga-Vyatka region, the following breeding sources were selected: cvs. ‘Dina’ (k-29216, Russia), ‘Andrey’ (k-30122, Russia), etc. for their earliness; ‘Belogorsky 90’ (k-29770, Russia), ‘Syabra’ (k-29917, Belarus), etc. for combined high yield and earliness; ‘Musson’ (k-30968, Russia), ‘Fenix’ (k-30835, Ukraine), etc. for lodging resistance; ‘Dina’ (k-29216, Russia), ‘Medikum’ (k-30962, Russia), etc. for disease resistance; and ‘Tandem’ (k-30883, Russia), ‘Novichok’ (k-30806, Russia), etc. for soil stress resistance. Besides, cvs. ‘Ekolog’ (k-29417, Russia), ‘Conrad’ (k-30406, USA), etc. were identified as promising for cellular breeding. General principles regulating selection of initial genotypes for barley tissue culture were formulated. Of practical interest is application of cell-level breeding techniques to cultivars sensitive or moderately resistant to stressors. Accessions from VIR’s collection have been used to develop spring barley cultivars adapted to the cultivation conditions of the Volga-Vyatka region: more than 30 cultivars through hybridization and selection, and 6 cultivars with the use of *in vitro* tissue culture.

**Key words:** barley, genetic source, collection, yield, resistance, aluminum-induced oxidative stress, drought, earliness, lodging, diseases, *in vitro* culture, somaclonal lines, regenerant

## Введение

Для почв северо-востока Нечерноземной зоны России в свете прогнозируемого изменения климата особую актуальность приобретает целенаправленное создание сортов с адаптивными реакциями, обеспечивающими комплексную устойчивость к повышенной почвенной кислотности, токсичности алюминия и засухе. Кроме того, серьезной проблемой для сельскохозяйственных культур была и остается сложная фитосанитарная обстановка на посевах, обусловленная наличием комплекса причин (Nettevich, 2008; Surin et al., 2014; Batalova et al., 2017). Среди значимых зерновых культур ячмень наиболее чувствителен к почвенным стрессам, что обусловлено слаборазвитой корневой системой растения и низкой способностью к хелатообразованию. Поэтому одним из резервов роста продуктивности ячменя является повышение стрессоустойчивости вновь создаваемых сортов (Kosareva, 2012).

Наиболее дешевым и экологически чистым путем, который обеспечивает высокую урожайность на стрессовых фонах при минимальных затратах энергии, является селекция (Rodina, 2006). Подходы в селекции ячменя, как и любой другой культуры, имеют свои особенности, что связано с требованиями сельхозтоваропроизводителей к производимой продукции. Несмотря на значительные достижения в селекции, широкая географическая и экологическая разнородность сельскохозяйственных угодий России указывает на необходимость создания набора географически и экологически специализированных сортов ячменя.

Начальным этапом селекционного процесса является подбор исходного материала, являющегося генетическим источником целевых качеств вновь создаваемых сортов. Богатейшим источником селекционно ценных признаков является уникальная коллекция Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), где представлено все мировое разнообразие местных и вновь созданных селекционных сортов ячменя (Loskutov, 2009).

В современном сельском хозяйстве повышение устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды достигается сочетанием различных подходов. Так, методами традиционной селекции (гибридизация и отбор) создаются пластичные сорта, обладающие повышенной устойчивостью к какому-либо стрессовому фактору. Преимущество гибридизации состоит в целенаправленном синтезе желательных для селекции свойств с использованием разнообразных компонентов. Гибридизация существенно расширяет творческие возможности отбора, благодаря возникающим рекомбинациям генов и трансгрессиям (Zaushintsena, 2009). Вовлечение в селекционный процесс коллекционных образцов позволяет получить гибридный материал, обладающий большим спектром различных качественных показателей для отбора среди них наиболее ценных форм (Rodina, 2006).

Одной из проблем традиционного направления селекции является длительный период выведения сорта, который, как правило, составляет не менее 10 лет. Дополнительным инструментом повышения эффективности селекционных методов является культивирование клеток и тканей растений *in vitro* на искусственных питательных средах с добавлением селективных агентов, имитирующих/моделирующих воздействие природных стрессов, что позволяет проводить целенаправленный отбор устойчивых каллусных культур (соматоклонов), а впоследствии – растений-регенерантов. Наличие полезных мутаций среди соматоклональных линий позволяет их использовать в селекции различной направленности.

В отличие от гибридизации, культивирование клеток *in vitro* не разрушает ценного сочетания генов, достигнутого в результате предыдущей селекции. Вариации затрагивают лишь отдельные участки генома. В основе этих изменений лежит соматоклональная изменчивость, которая обусловлена дестабилизацией генетической и эпигенетической программы растительной ткани при отсутствии онтогенетического (организменного) контроля (Dolgikh, 2005; Rozhanskaya, 2016). По этой причине соматоклональную изменчивость обычно используют для улучшения отдельных признаков у существующих сортов. Для агрономического применения соматоклональная изменчивость имеет важное преимущество в улучшении того или иного признака без изменения основного генетического фона (Vyrubalová et al., 2011).

Одним из лимитирующих факторов эффективности получения и отбора соматоклонов в каллусной культуре зерновых злаков является генетическая детерминация процессов каллусогенеза и морфогенеза и последующей регенерации растений-регенерантов. Для ячменя генотипические различия по регенерационной способности особенно значительны, вплоть до полного ее отсутствия (Sidorov et al., 2009; Hua et al., 2013).

В статье представлены анализ и описание коллекционных образцов с учетом проблем селекции ярового ячменя для условий Волго-Вятского региона, где основными лимитирующими факторами являются продолжительность вегетационного периода и его отдельных фаз, низкое естественное плодородие на фоне повышенной кислотности почв, весенне-летние засухи, а также многочисленные болезни. Кроме того, изучен биотехнологический потенциал некоторых коллекционных образцов.

*Цель исследований* – изучение коллекции ВИР для выявления источников селекционно ценных признаков, перспективных для создания сортов ячменя, адаптивных к условиям Волго-Вятского региона, как методами гибридизации, так и с использованием методов биотехнологии.

## Материал и методы

Полевые исследования проводили на опытном поле Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (ФАНЦ Северо-Востока; г. Киров) в 2007–2018 гг. Объектами послужили 413 коллекционных образцов ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) различного эколого-географического происхождения, представлявшие выборку из РФ, стран СНГ, Европы, Азии, Америки, Африки и Австралии.

Коллекционный материал оценивали по основным селекционно ценным признакам с учетом продолжительности вегетационного периода, устойчивости к полеганию и болезням, стрессовым абиотическим факторам, урожайности зерна согласно методикам (Diagnostics...1988; Lisitsyn, 2005; Loskutov et al., 2012). Исследования проводили в полевых, вегетационных и лабораторных условиях. В качестве стандартов использовали сорта ячменя, рекомендованные Госкомиссией по сортоиспытанию в Кировской области.

Культивирование каллусной ткани ячменя и последующий отбор устойчивых линий проводили по методикам, разработанным в лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов ФАНЦ Северо-Востока (Shupletsova et al., 2015).

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием табличного редактора Excel (MS Office 2007) и селекционно-ориентированных программ AGROS, версия 2.07.

## Результаты и обсуждения

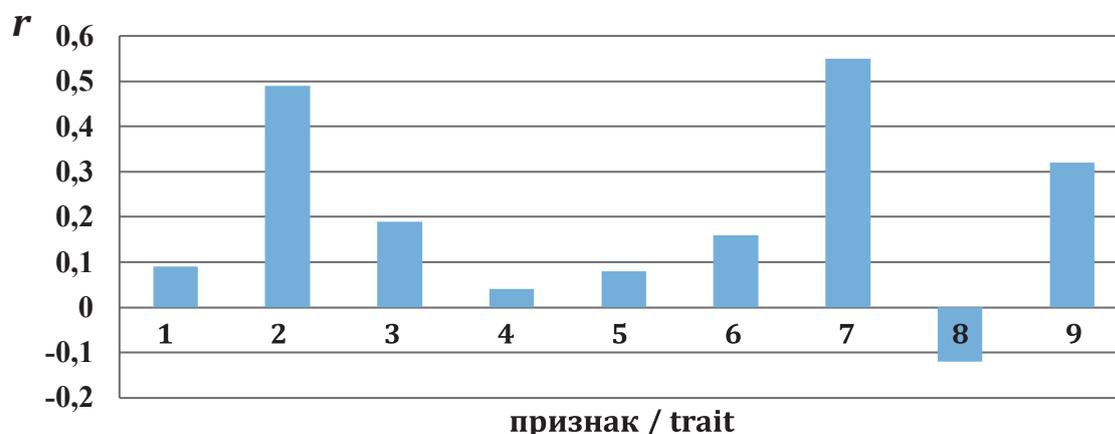
Многолетнее изучение образцов ячменя из коллекции ВИР в почвенно-климатических условиях Волго-Вятского региона позволило объективно оценить их селекционно ценные признаки по следующим направлениям: скороспелость и продолжительность отдельных фаз вегетации, устойчивость к полеганию, засухе, болезням. Особую ценность генотипов представляет сочетание высокой урожайности с представленными качествами (Shchennikova, 2016).

Селекция только на основе сокращения продолжительности вегетационного периода встречает препятствие в виде низкой урожайности скороспелых ячменей. Анализ урожайности коллекционных образцов разных групп спелости показал преимущество среднеспелых по сравнению со скороспелыми как по отдельным элементам структуры продуктивности, так и по урожайности в целом. Образцы из группы скороспелых характеризовались относительно низким коэффициентом продуктивного кущения (в сред-

нем 2,0), мелким зерном (масса 1000 зерен в среднем 39,3 г) и устойчивостью к полеганию на уровне 7,2 баллов. Корреляционный анализ позволил установить, что урожайность изученных в опытах скороспелых образцов в условиях Волго-Вятского региона определялась продуктивностью колоса ( $r = 0,63$ ) и растения ( $r = 0,92$ ), а также их устойчивостью к полеганию ( $r = 0,69$ ). Были определены генетические источники, сочетающие скороспелость и урожайность (табл. 1).

Оценку коллекционных образцов по устойчивости к полеганию проводили с учетом выявленной ранее достоверной отрицательной корреляции между устойчивостью к полеганию и высотой растения (в среднем  $r = -0,55$ ).

Урожайность ячменя на кислых почвах изучали на опытном участке дерново-подзолистых среднесуглинистых почв с уровнем  $pH_{\text{col}} = 3,92-4,44$  и содержанием ионов  $Al^{3+}$  0,5–4,3 мг/100 г в почвенном растворе. Оценивали влияние развития отдельных признаков на формирование урожайности (рисунок).



**Рисунок.** Коэффициенты ( $r$ ) парных корреляций признаков с урожайностью сортов

**Примечание:** 1 – сохранность растений к уборке; 2 – продуктивная кустистость; 3 – длина колоса; 4 – число колосков в колосе; 5 – число зерен в колосе; 6 – масса зерна с колоса; 7 – масса зерна с растения; 8 – масса 1000 зерен; 9 – длина вегетационного периода на фоне алюмокислого стресса

**Figure.** Pair correlation ratios ( $r$ ) between various traits and yield in barley cultivars under aluminum-induced oxidative stress

**Note:** 1 – number of harvestable plants; 2 – productive tillering capacity; 3 – ear length; 4 – number of spikelets per ear; 5 – number of grains per ear; 6 – grain weight per ear; 7 – grain weight per plant; 8 – 1000 grain weight; 9 – growing season duration

На основании исследований установлено, что значительный вклад в формирование высокой урожайности в стрессовых условиях вносила продуктивная кустистость ( $r = 0,49$ ), которая, в свою очередь, существенно влияла на формирование массы зерна с растения ( $r = 0,80$ ). Не установлено достоверного влияния показателей «масса 1000 зерен» и «количество сохранившихся к уборке растений» на урожайность ( $r = -0,12$  и  $0,09$ ). Высокой продуктивной кустистостью характеризовались образцы с более продолжительным межфазным периодом всходы-кущение ( $r = 0,88$ ). Таким образом, при отборе высокопродуктивных образцов на фоне почвенного стресса, определяемого низкой pH и наличием ионов  $Al^{3+}$ , особое внимание целесообразно уделять коллекционным образцам с высокой продуктивной кустистостью, тогда как параметры колоса в данном случае не имели большого значения.

Сравнительная оценка ячменя по устойчивости к дефициту влаги в полевых и лабораторных опытах показала достоверную корреляцию между устойчивостью образцов

и озерненностью ( $r = 0,52$ ) в лабораторном эксперименте, а также продуктивностью ( $r = 0,53$ ) колоса при изучении в полевых условиях.

Установлено, что все образцы с лабораторной устойчивостью к стрессовому фактору выше средней превысили по урожайности в полевых опытах стандарт 'Биос 1' (Россия) на  $30-150$  г/м<sup>2</sup> (5,0–33,9%). У высокоустойчивых образцов 'Тандем' (к-30883, Россия) и 'Bonita' (к-35417, Аргентина) при урожайности 560 и 596 г/м<sup>2</sup>, превышение над стандартом составляло 50 и 86 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Устойчивость к болезням часто сцеплена с генами, несущими нежелательные признаки (мелкое зерно, позднеспелость и т. д.) (Sheshhegova, 2014). Поэтому наибольшую селекционную ценность имеют источники, обладающие адаптивностью и высоким продукционным потенциалом, обеспеченным гомеостазом и благоприятным сочетанием хозяйственно ценных признаков. В то же время в селекции ячменя большой интерес представляют источники с комплексной устойчивостью к нескольким заболеваниям.

При оценке генофонда на искусственном инфекционном фоне выявлена восприимчивость большинства образцов к пыльной головне. Лишь образец 'Петр' (к-30888, Россия) за все годы исследований проявил стабильный иммунитет к болезни. В изучаемом генофонде за годы исследований выделены образцы, отличающиеся практическим иммунитетом к полосатой и сетчатой пятнистости. Обращает на себя внимание то, что при очень высоком поражении (60–80%) урожайность выделенных коллекционных образцов существенно не снижалась, что так же важно в селекции на неспецифическую устойчивость.

Таким образом, в результате проведенных многолетних исследований были выявлены генетические источники,

представляющие интерес для дальнейшей селекционной работы (табл. 1).

Линии, созданные с участием коллекционных образцов, изучаются на всех этапах селекционного процесса. Так, в 2018 г. при проведении гибридизации в качестве компонентов скрещивания было привлечено 10 коллекционных образцов, выделенных в результате предварительного изучения; среди них 'Казьминский' (к-30926, Россия), 'Феникс' (к-30835, Украина), 'Sultan' (к-19798, Нидерланды) и др. В конкурсном сортоиспытании изучались сорта, созданные с участием образцов: 'Петр' (к-30888), 'Ача' (к-30243), 'Челябинский 99' (к-30777, Россия), 'Annabel' (к-30821, Германия), 'NCK 95098' (к-35415, Аргентина) и др.

**Таблица 1. Источники селекционно ценных признаков для селекции адаптивных сортов ячменя**  
**Table 1. Sources of valuable traits for breeding adaptable barley cultivars**

СЕЛЕКЦИОННО ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ / TRAITS OF BREEDING VALUE	Источники / SOURCES
скороспелость	Россия: Дина (к-29216), Андрей (к-30122), Белогорский 90 (к-29770); Болгария: Веслец (к-30904); Индия: местный (к-18079); США: Missouri (к-15407), С.И. 13664 (к-26419); Эфиопия: Jet (к-18703), местный (к-3282), местный (к-8730).
сокращение продолжительности межфазных периодов	всходы-колошение – Россия: Стимул (к-30882), Ача (к-30243), Баган (к-29040); Украина: Сюрприз (к-30841), Адапт (к-30364); Чехия: Ditta (к-30938); Болгария: Веслец (к-30904); Индия: местный (к-18079); США: Missouri (к-15407); Эфиопия: местный (к-8730); колошение-созревание – Латвия: Malva (к-30925), Idumeja (к-30922); Польша: Korona Lashego (к-27471); Казахстан: Илек 34 (к-30949); Финляндия: Hja 87061 (к-30456), Botnia (к-30458); Канада: Paragon (к-20259), BT-666/NJEV1 (к-30611); Эфиопия: местный (к-8730).
скороспелость и урожайность	Россия: Дина (к-29216), Андрей (к-30122), Белогорский 90 (к-29770); Беларусь: Сябра (к-29917); Латвия: Druvis (к-30921), Malva (30925); Болгария: Веслец (30904); Германия: Danuta (к-30889), Франция: City (к-30741); Канада: Codac (к-30874).
скороспелость и устойчивость к болезням	Беларусь: Сябра (к-29917), Гонар (к-29914); Украина: Сюрприз (к-30841); Латвия: Druvis (к-30921); Польша: Korona Lashego (к-27471); Канада: Codac (к-30874).
устойчивость к полеганию	Россия: Муссон (к-30968), Казьминский (30926); Украина: Феникс (к-30835); Латвия: Kristaps (к-30964); Эстония: Delibes (к-30377); Польша: Rodos (к-30256); Чехия: Novum (к-29378), Amulet (к-30943); Германия: Orthega (к-30468), Brenda (к-30464); Нидерланды: Sultan (к-19798); Дания: Ментор (к-30873); Финляндия: Botnia (к-30458), Viivi (к-30461); Великобритания: Соопер (к-30375); Аргентина: NCK 95098 (к-35415); Индия: Karan 201 (к-28963); Чехия: Prosa (к-30928).
урожайность	Россия: Золотник (к-30845), Дуэт (к-30020), Бином (к-30985), МИК-1 (к-30593), Скок (к-30827); Беларусь: Бурштын (к-30566), Гонар (к-29914), Сябра (к-29917); Украина: Лотос (к-30826), Эдем (к-30363), Экзотик (ИА 0804751); Латвия: Malva (к-30925), Druvis (к-30921); Польша: Rodos (к-30256); Германия: Annabel (к-30821); Казахстан: Илек 34 (к-30949); Дания: 23007 (к-30440); США: Azure (к-27997); Чехия: Amulet (к-30943).
устойчивость к пыльной головне	Россия: Петр (к-30888), Лель (к-30804), Мураш (к-30822); Нидерланды: Sultan (к-19798); Эфиопия: местный (к-8430).
комплексная устойчивость к нескольким заболеваниям	Россия: Дина (к-29216), Медикум 336 (к-30962), Муссон (к-30968), Натали (к-30957); Украина: Эдем (к-30363), Сюрприз (к-30841), Мироновский 86 (к-30248), Гетьман (к-30965); Казахстан: Илек 34 (к-30949); Польша: Korona Lashego (к-27471); Германия: Margret (к-30966), Xanadu (к-30973), Orthega (к-30468); Канада: Buck (к-30173), Codac (30874).
устойчивость к алюмокислоту стрессу	Россия: Добрый (к-29215), Новичок (к-30806), Лель (к-30804), Тандем (к-30883), Виконт (к-30301), Партнер (к-30830), Приазовский 9 (к-30595), Черноградский 770 (к-30451), Сигнал (к-30846), Русь (к-29723), Лука (к-30899); Беларусь: Дзівосны (к-30213); Украина: Джерело (ИА 0804829), Бадьорый (ИА 0804830); Болгария: Веслец (к-30904); Канада: Kinkora (к-23988); США: Crest (к-30411).
устойчивость к дефициту влаги	Россия: Тандем (к-30883), Родник Прикамья (к-31077), Челябинский 96 (к-30562), Челябинский 99 (к-30777), Сонет (к-30448), Омский голозерный 1 (к-30919); Канада: Buck (к-30173); Аргентина: Bonita (к-35417); США: Azure (к-27997); Индия: местный (к-18079).
способность к каллусогенезу и регенерации в культуре ткани <i>in vitro</i>	Россия: Меркурий (к-30805), Новичок (к-30806), Джин (к-30021), Добрый (к-29215), Дуэт (к-30020), Ратник (к-30828), Дина (к-29216), Икар (к-26824), Абава (24724), Эколог (к-29417), Лель (к-30804), Зевс (к-30843), Челябинский 99 (к-30777), Тандем (к-30883), Родник Прикамья (31077), Омский голозерный 1 (к-30919), Петр (к-30888); Беларусь: Белорусский 18 (к-18329); Украина Симфония (к-30996); Великобритания: Valetta (22345), Lulu (25169); Германия: Volla (к-19375), Keystone (к-19304), Annabel (к-30821); США: Conrad (к-30406), Naxby (к-31053).

На протяжении ряда лет образцы коллекции активно использовались для введения в культуру *in vitro* и проведения клеточной селекции на устойчивость к токсичности алюминия и засухе. Широкому применению культуры ткани зерновых культур препятствует зачастую низкий уровень или отсутствие каллусогенной способности исходных генотипов, а также низкий выход регенерантов, сохраняющих целевой признак (Dolgikh, 2005; Nikitina et al., 2013). За годы исследований в культуру *in vitro* было введено более 150 генотипов ячменя из коллекции ВИР. Однако лишь 43 генотипа были способны индуцировать на искусственных питательных средах каллусные культуры со стабильным уровнем морфогенеза и регенерации (не менее 10%), достаточным для проведения клеточной селекции и получения стрессоустойчивых регенерантных линий. Следует отметить, что коллекционные образцы, обладающие способностью к каллусогенезу и морфогенезу, зачастую не являлись источниками стрессоустойчивости. Лишь в результате проявления соматоклональной изменчивости и отбора на селективных средах из них были получены генотипы с полезными признаками.

В настоящее время определены общие закономерности подбора исходных генотипов для использования в культуре ячменя. Реальные положительные результаты были достигнуты, прежде всего, при введении в культуру ткани *in vitro* гибридов первого или второго поколения с участием коллекционных генотипов, что, вероятно, обусловлено повышением частоты соматоклональной изменчивости в несбалансированном генетическом аппарате. Для сортов со стабильным генотипом получение соматоклонов в каллусной культуре с последующим отбором на селективных средах было малоэффективным.

Кроме того, установлен более низкий уровень регенерационной способности в группе раннеспелых сортов ячменя по сравнению с позднеспелыми. Например, при выращивании донорных растений ячменя в условиях жаркого лета часто наблюдали отсутствие растений-регенерантов в каллусной культуре зародышей. Известно, что ускоренное развитие зародышей сопровождается сокращением периода индукции первичного каллуса и быстрым прохождением оптимальной для регенерации растений в культуре *in vitro* фазы развития (Dunaeva et al., 2000).

Результаты оценки регенерантных линий были не всегда однозначны. Отсутствуют положительные результаты применения клеточной селекции на устойчивость к засухе или токсичности кислых почв по отношению к сортам, уже обладавшим устойчивостью к данным стрессорам. Например, урожайность регенерантных линий алюмоустойчивого сорта 'Новичок' на кислых почвенных фонах была значительно ниже урожайности самого 'Новичка', что, вероятно, связано с исчерпанием его потенциала адаптивной изменчивости в отношении токсического действия алюмокислотности. Практический интерес представляет применение клеточной селекции по отношению к чувствительным и среднеустойчивым к стрессу сортам.

В настоящее время на селективных средах *in vitro* получено более полутора тысяч каллусных линий, из которых регенерировано более тысячи регенерантных растений, семенное потомство которых послужило исходным материалом (легло в основу) создания стрессоустойчивых генотипов. В настоящий момент получено шесть алюмоустойчивых сортов (два из них запатентованы) и более десяти генетических источников стрессоустойчивости (табл. 2).

**Таблица 2. Источники, созданные методом клеточной селекции ячменя**

**Table 2. Sources obtained by cellular breeding techniques in barley**

Исходная форма (сорт, гибрид) / Initial form (cultivar, hybrid)	Выделено перспективных генотипов / Promising genotypes selected		Стрессоры / Stressors
	генетические источники* / Genetic sources*	сорта* / Cultivars*	
Джин	774-04; 775-04	–	токсичность алюминия
Абава × Икар	889-93	889-93	токсичность алюминия
Lulu × Conrad) × 2867-80	917-01; 780-04; 781-04	Форвард (917-01)	токсичность алюминия, засуха, болезни
Valetta × Lulu	173-85	530-98; 550-08	токсичность алюминия, болезни
(Lulu × Conrad) × Дуэт	552-98; 494-07; 507-07; 514-07; 515-07	Бионик (552-98)	токсичность алюминия, засуха, болезни
Фермер × Челябинский 99	362-02	484-09	токсичность алюминия, засуха

\*включены в коллекцию ВИР в качестве генетических источников стрессоустойчивости

\*are included in VIR's collection as genetic sources of stress resistance

В некоторых случаях селекционную ценность представляли несколько регенерантных линий, инициированных одним исходным сортом; так, например, генотип 552-98 являлся исходным для пяти регенерантных линий, 999-93 – для трех линий. Получены регенерантные линии ячменя, сочетающие устойчивость к абиотическим стрессам с устойчивостью к фитопатогенам. Перспективно вовлечение в селекционный процесс «двойных» и «тройных» регенерантов, неоднократно прошедших через отбор в культуре *in vitro*, например, регенерантные линии от 530-98 (Shupletsova, Shchennikova, 2016).

Лучшие генотипы ячменя, выделенные в процессе изучения мировой коллекции ВИР, широко вовлекаются в селекционный процесс. Линии, созданные с участием кол-

лекционных образцов, изучаются в лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФАНЦ Северо-Востока на всех этапах селекционного процесса (Shchennikova, 2016). В настоящее время создано и передано на государственные испытания более 30 сортов ярового ячменя, 12 из которых в разные годы были районированы на территории РФ. Так, один из первых в стране сортов ячменя интенсивного типа – сорт 'Луч' – создан методом отбора мутантной формы из образца к-18816 (Дания). В родословной скоропелого сорта 'Дина' присутствуют образцы к-20436 (Эфиопия) и к-19009 (Норвегия) высокоурожайного, с ценным по качеству зерном, устойчивого к поражению пыльной головней сорта 'Эколог' – к-19304 (Канада). Для селекции пивоваренного ячменя 'Джин' использовали образец к-19010

(Швеция). Алюмотолерантный сорт 'Новичок' создан с использованием сортообразцов из Швеции ('Birgitta', к-19658) и Нидерландов ('Effendi', к-21873). В родословной ячменя сорта 'Фермер' присутствует образец к-9427 (местный, Коми), многогранного ячменя 'Тандем' – к-29489 (Россия). Для создания высокоурожайного, включенного в список ценных по качеству сортов РФ сорта 'Памяти Родины' использовали образец к-30372 (Германия). Переданные на государственное испытание сорта регенерантного происхождения 'Форвард' и 'Бионик' (2014 г.), сочетающие высокую урожайность с устойчивостью к эдафическому стрессу, созданы с использованием образцов 'Lulu' (к-25169, Великобритания) и 'Conrad' (к-30406, США).

## Заключение

Таким образом, созданная в результате многолетних исследований рабочая коллекция современных источников хозяйственно ценных признаков, нашла свое практическое и успешное использование в селекции ярового ячменя. С участием коллекционных образцов созданы с использованием гибридизации и методов биотехнологии новые районированные высокоурожайные, адаптивные к условиям возделывания в Волго-Вятском регионе линии и сорта ячменя, проходящие изучение на всех этапах селекционного процесса.

## References/Литература

- Batalova G. A., Shevchenko S. N., Lisitsyn E. M., Tulyakova M. V., Rusakova I. I., Zheleznikova V. A., Gradoboyeva T. P. (2017) Methodology for the development of productive, environmentally sustainable cultivars of hulled oats (Metodologiya sozdaniya produktivnykh, ekologicheskii ustoychivyykh sortov ovsy plenchatogo). *Russian Agricultural Science (Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka)*, no. 6, pp. 3–8 [in Russian] (Баталова Г. А., Шевченко С. Н., Лисицын Е. М., Тулякова М. В., Русакова И. И., Железникова В. А., Градобоева Т. П. Методология создания продуктивных, экологически устойчивых сортов овса пленчатого // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 6. С. 3–8).
- Diagnostics of plant resistance to stressful effects: Methodical guidelines (Diagnostika ustoychivosti rasteniy k stressovym vozdeystviyam: metodicheskoye rukovodstvo) (1988) Ed.: G. V. Udovenko. Leningrad, 227 p. [in Russian] (Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство / под общ. ред. Г. В. Удовенко. Л., 1988. 227 с.).
- Dolgikh Y. I. (2005) Somaclonal variability in plants and possibilities of its practical use (case study of maize) (Somaklonalnaya izmenchivost rasteniy i vozmozhnosti yeye prakticheskogo ispolzovaniya (na primere kukuruzy). Author's synopsis of Dr. Biol. Sci. degree thesis. Moscow, 45 p. [in Russian]. (Долгих Ю. И. Соматональная изменчивость растений и возможности ее практического использования (на примере кукурузы) : автореф. дисс. ... докт. биол. наук, М., 2005. 45 с.).
- Dunaeva S. E., Lukyanova M. V., Kovaleva O. N., Kozyreva O. G. (2000) Ability of immature embryos to produce *in vitro* regenerant plants of early- and late-ripening barley varieties. 1. Regeneration of plants in the primary callus obtained from immature embryos (Sposobnost nezrelykh zarodyshey k obrazovaniyu rasteniy-regenerantov v kulture in vitro u ranne- i pozdnespelykh sortov yachmenya. 1. Regeneratsiya rasteniy v pervichnom kalluse, poluchennom ot nezrelykh zarodyshey). *Plant Physiology (Fiziologiya rasteniy)*, vol. 47, no. 1, pp. 53–57 [in Russian] (Дунаева С. Е., Лукьянова М. В., Ковалева О. Н., Козырева О. Г. Способность незрелых зародышей к образованию растений-регенерантов в культуре *in vitro* у ранне- и позднеспелых сортов ячменя. 1. Регенерация растений в первичном каллусе, полученном от незрелых зародышей // Физиология растений. 2000. Т. 47, № 1. С. 53–57.).
- Hua W., Zhu J., Shang Y., Wang J., Jia Q., Lin F., Yang J. (2013) Establishment of a highly efficient regeneration method from the scraped broken embryo of mature barley seed. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 93, no. 6, pp. 1029–1035. <https://doi.org/10.4141/cjps2013-109>
- Kosareva I. A. (2012) Studying the collection of crops and their wild relatives for the traits associated with resistance to toxic elements of acidic soils. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, vol. 170, pp. 148–159 [in Russian] (Косарева И. А. Изучение коллекции сельскохозяйственных культур и диких родичей по признакам устойчивости к токсическим элементам кислых почв // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 148–159).
- Lisitsyn E. M. (2005) Potential aluminum resistance of crops and its implementation in the environments of the European northeast of Russia (Potentsialnaya alyumoustoychivost selskokhozyaystvennykh rasteniy i yeye realizatsiya v usloviyakh yevropeyskogo severo-vostoka Rossii). Dr. Biol. Sci. degree thesis. Moscow, 365 p. [in Russian] (Лисицын Е. М. Потенциальная алюмоустойчивость сельскохозяйственных растений и ее реализация в условиях европейского северо-востока России : дисс. ... док. биол. наук. Москва, 2005. 365 с.).
- Loskutov I. G. (2009) Oat and barley genetic resources as a source of productive breeding in Russia (Geneticheskiye resursy ovsy i yachmenya – istochnik rezul'tativnoy seleksii v Rossii). In: Genetic Resources of Cultivated Plants in the 21st Century: Status, Problems, Prospects (Geneticheskiye resursy kulturnykh rasteniy v XXI veke: sostoyaniye, problemy, perspektivy), St. Petersburg: VIR, 2009, pp. 200–205 [in Russian] (Лоскутов И. Г. Генетические ресурсы овса и ячменя – источник результативной селекции в России // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы. СПб. : ВИР, 2009. С. 200–205).
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. (2012) Methodological guidelines for the study and conservation of the international barley and oat collection (Metodicheskoye ukazaniya po izucheniyu i khraneniyu mezhdunarodnoy kolleksii yachmenya i ovsy). St. Petersburg: VIR, 63 p. [in Russian] (Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Э. В. Методические указания по изучению и хранению международной коллекции ячменя и овса. СПб. : ВИР, 2012. 63 с.).
- Nettevich E. D. (2008) Selected articles: Breeding and seed production of spring cereal crops (Izbrannyye trudy. Selektsiya i semenovodstvo yarovykh zernovykh kultur). Moscow; Nemchinovka: NIISKH CRNZ, 348 p. [in Russian] (Неттевич Э. Д. Избранные труды. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур. М. ; Немчиновка : НИИСХ ЦРНЗ. 2008. 348 с.).
- Nikitina E. D., Khlebova L. P., Sokolova G. G., Ereshchenko O. V. (2013) The development of stress-resistant stock of spring bread wheat by *in vitro* cell selection (Sozdaniye stressoustoychivogo materiala yarovoy myagkoj pshenitsy s ispolzovaniyem kletochnoy seleksii in vitro) *Newsletter of Altai State University (Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta)*, no 3/2, pp. 95–98 [in Russian] (Никитина Е. Д., Хлебцова Л. П., Соколова Г. Г., Ерещенко О. В. Создание стрессоустойчивого материала яровой мягкой пшеницы с использованием клеточной селекции *in vitro* // Известия Алт. гос. ун-та. 2013. № 3/2. С. 95–98). DOI: 10.14258/izvasu(2013)3.2-20

- Rodina N. A. (2006) Barley breeding in the northeast of the Non-Black-Soil Region (Selektsiya yachmenya na Severo-Vostoke Nechernozemya). Kirov: Zonal Res. Inst. of the N.E., 488 p. [in Russian] (Родина Н. А. Селекция ячменя на Северо-Востоке Нечерноземья. Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 488 с.).
- Rozhanskaya O. A. (2016) About somaclonal variability of plants as a source of biodiversity for breeding (O somaklonalnoy izmenchivosti rasteniy kak istochnike bioraznoobraziya dlya selektsii) In: Plant Breeding: Past, Present and Future (Selektsiya rasteniy: proshloye, nastoyashcheye i budushcheye). Proceedings of the I All-Rus. Scient. and Pract. Conf. with Internat. Particip. dedicated to the 140th Anniversary of Belgorod State University, Belgorod, November 24–26. Belgorod, 152–156 pp. [in Russian] (Рожанская О. А. О соматклональной изменчивости растений как источнике биоразнообразия для селекции // Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее. Сб. матер. I Всерос. науч.-практ. конфер. с междунар. уч., посв. 140-летию НИУ БелГУ. Белгород, 24–26 ноября 2016 г. Белгород, 2016. С. 152–156).
- Shchennikova I. N. (2016) Spring barley breeding for the environments of the Volga-Vyatka region (Selektsiya yarovogo yachmenya dlya usloviy Volgo-Vyatskogo regiona). Dr. Agric. Sci. degree thesis. Moscow, 349 p [in Russian] (Щенникова И. Н. Селекция ярового ячменя для условий Волго-Вятского региона : дисс ... докт. с.-х. наук. Москва, 2016. 349 с.).
- Sheshegova T. K. (2014) Methods of breeding cereal crops for disease resistance in the Northeast Breeding Center (Metody selektsii zernovykh kultur na ustoychivost k boleznyam v Severo-Vostochnom selektsentre). In: *Methods and Technologies in Plant Breeding (Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy)*, Kirov: N.E. Res. Inst. of Agric., pp. 34–42 [in Russian] (Шешегова Т. К. Методы селекции зерновых культур на устойчивость к болезням в Северо-Восточном селекцентре // Методы и технологии в селекции растений. Киров : НИИСХ Северо-Востока. 2014. С. 34–42).
- Shupletsova O. N., Shchennikova I. N. (2016) Results of using cell technologies for creation of new barley varieties resistant against aluminum toxicity and drought. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, vol. 20, no. 5, pp. 623–628 [in Russian] (Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н. Результаты использования клеточных технологий в создании новых сортов ячменя, устойчивых к токсичности алюминия и засухе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20, № 5. С. 623–628). DOI: 10.18699/VJ16.183
- Shupletsova O. N., Shchennikova I. N., Shirokikh I. G. (2015) Development of barley genotypes with complex resistance to edaphic stresses using cell breeding (Sozdaniye genotipov yachmenya s kompleksnoy ustoychivostyu k edaficheskim stressam metodami kletochnoy selektsii) In: *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Doklady Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk)*, no. 1/2, pp. 16–20 [in Russian] (Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н., Широких И. Г. Создание генотипов ячменя с комплексной устойчивостью к эдафическим стрессам методами клеточной селекции // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 1/2. С. 16–20).
- Sidorov E. A., Chernobrovkina M. A., Nikolaeva A. N., Kharchenko P. N., Dolgov S. V. (2009) The induced morphogenesis and *in vitro* plant regeneration of domestic barley cultivars. *Agricultural Biology*, no. 3, pp. 73–78 [in Russian] (Сидоров Е. А., Чернобровкина М. А., Николаева А. Н., Харченко П. Н., Долгов С. В. Индуцированный морфогенез и регенерация *in vitro* растений ячменя отечественных сортов // С.-х. биология. 2009. № 3. С. 73–78).
- Surin N. A., Zobova N. V., Lyakhova N. E. (2014) Genetic capacity and breeding importance of Siberian barley. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, vol. 18, no. 2, pp. 378–386 [in Russian] (Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18, № 2. С. 378–386).
- Vyroubalová S., Šmehilová M., Galuszka P., Ohnoutková L. (2011) Genetic transformation of barley: limiting factors. *Biologia Plantarum*, no. 2, pp. 213–224. <https://doi.org/10.1007/s10535-011-0032-8>
- Zaushintsena A. V. (2009) Genetic sources for implementation of the main trends in barley breeding in Siberia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, vol. 165, pp. 101–105 [in Russian] (Заушинцева А. В. Генетические источники для реализации основных направлений селекции ячменя в Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2009. Т. 165. С. 101–105).

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of the financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н. Генетические источники селекции ячменя (*Hordeum vulgare*) в волго-вятском регионе. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 82–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-82-88

Shupletsova O. N., Shchennikova I. N. Genetic sources for barley (*Hordeum vulgare*) breeding in the volga-vyatka region. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1):82–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-82-88

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-82-88>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# ФЕНОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ АБРИКОСА ГОРНОГО ДАГЕСТАНА ПО ПРИЗНАКАМ ЭНДОКАРПИЯ (КОСТОЧКИ)

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-89-94

УДК 634.21 (574.3: 581.47)

Поступление/Received: 21.09.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

Д. М. АНАТОВ

Горный ботанический сад  
Дагестанского научного центра РАН,  
367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45;  
✉ djalal@list.ru

PHENETIC ANALYSIS OF NATURAL APRICOT  
POPULATIONS IN THE MOUNTAINOUS DAGESTAN FOR  
ENDOCARP (STONE) FEATURES

D. M. ANATOV

Mountain Botanic Garden,  
Dagestan Scientific Center of the RAS,  
45 M. Gadjeva St., Makhachkala 367000, Russia;  
✉ djalal@list.ru

**Актуальность.** Изучение внутривидового разнообразия диких сородичей плодовых культур – одно из ведущих направлений ботанического и генетического ресурсосведения, связанных с выявлением и использованием фенотипического потенциала популяции и вида, исходный этап в селекции и интродукции, а также необходимая предпосылка в решении ряда проблем теории микроэволюции, биосистематики и популяционной биологии. В настоящее время крупные массивы дикорастущих популяций абрикоса (*Prunus armeniaca* L. = *Armeniaca vulgaris* Lam.) – сохранились в Средней Азии, Китае и Дагестане. Природные популяции абрикоса в Горном Дагестане распространены по долинам рек Аварское Койсу, Андийское Койсу, Казикумухское Койсу и Кара Койсу на высотах 350–1500 м н. у. м., иногда (единично) по южным склонам – до 1900 м. Предпочитают известняковые щебнистые склоны, где образуют так называемые «абрикосовые саванны», редко формируя сплошные массивы. В этой связи оценка формового разнообразия природных популяций абрикоса Горного Дагестана по качественным признакам эндокарпия (косточки) представляет теоретический и практический интерес.

**Материалы и методы.** Для выявления формового разнообразия эндокарпия (косточки) в природных популяциях абрикоса в условиях Горного Дагестана были выбраны три модельные ценопопуляции (ЦП): в Гунибском районе по р. Кара Койсу (с. Нижний Кегер, 900–1200 м н. у. м.), р. Багдакули (с. Салта, 900–1100 м н. у. м.) и в Левашинском районе по р. Казикумухское Койсу (с. Буртани, 1000–1200 м н. у. м.). Сбор косточек осуществлялся маршрутным методом по трансекте вдоль склонов. Морфологическое описание эндокарпия проведено у 328 деревьев по 11 качественным признакам с использованием общепринятых методик.

**Результаты и обсуждение.** Сравнительный анализ природных популяций абрикоса показал высокое варьирование размеров и формы эндокарпия. Выделено пять классов по размерам; из них наибольший процент имели очень мелкие (37,8%) и мелкие (37,5%) типы. По форме эндокарпия было выделено семь типов (округлая, эллипсоидная, яйцевидная, продолговатая, вытянутая, каплевидная, полусердцевидная). Подавляющее большинство деревьев абрикоса имеют яйцевидную и округлую форму, на долю которых приходится 65,3% всего разнообразия. Корреляционный анализ между признаками эндокарпия выявил достоверные положительные связи между признаками: (1) «высота кия» и «ширина ребер»; (2) «тип боковых ребер» и «ширина ребер». Выявлены отрицательные достоверные корреляции признака «характер кия» с признаками «тип боковых ребер» и «высота кия».

**Ключевые слова:** абрикос, природные популяции, эндокарпий, качественные признаки, фенетика популяций, Горный Дагестан

**Background.** Studying the intraspecies diversity of fruit crop wild relatives is one of the leading trends in botanical and genetic resource research associated with identification and utilization of the phenotypic potential of the population and species, the initial stage in plant breeding and introduction processes, and a prerequisite to solving a number of problems posed by the theory of microevolution, biosystematics and population biology. Currently, large tracts of wild apricot populations (*Prunus armeniaca* L. = *Armeniaca vulgaris* Lam.) have been preserved in Central Asia, China and Dagestan. The natural populations of apricot in the Mountainous Dagestan are spread along the valleys of the Avar Koyusu, Andi Koyusu, Kazikumukh Koyusu and Kara Koyusu rivers, at altitudes of 350–1500 m ASL, and (sporadically) over the southern slopes – up to 1900 m ASL. They prefer crushed limestone hillsides, where they form the so-called ‘apricot savannah’, rarely assembling into dense massifs. With this in mind, it seems theoretically and practically interesting to evaluate various forms in the diversity of natural apricot populations in the Mountainous Dagestan, with qualitative traits of their endocarp (stone) as a target.

**Materials and methods.** To analyze the diversity of endocarp (stone) forms in natural apricot populations under the conditions of the Mountainous Dagestan, three model cenopopulations (CPs) were selected: in Gunibsky District, along the Kara Koyusu (Lower Keger Vlg., 900–1200 m ASL) and Bagdakuli rivers (Salta Vlg., 900–1100 m ASL), and in Levashinsky District, along the Kazikumukh Koyusu river (Burtanimakhi Vlg., 1000–1200 m ASL). Stones were collected along the slopes by using transect itineraries. Morphological description of endocarps was made for 328 trees according to 11 qualitative features by standard techniques. **Results.** A comparative analysis of natural apricot populations showed high variation in the size and shape of the endocarp. Five classes were identified for stone size; of these, the very small (37.8%) and small (37.5%) types had the highest percentage. There were seven types of the endocarp’s shape (rounded, ellipsoid, ovoid, oblong, prolate, teardrop-shaped, and semicordate). Ovoid or rounded shape was observed in an overwhelming majority of apricot trees: their share was 65.3% of the total diversity. Correlation analysis of the endocarp’s features revealed credible positive correlations between the traits (1) ‘keel height’ and ‘rib width’, and (2) ‘lateral rib type’ and ‘rib width’. Creditable negative correlations were found for the trait ‘keel pattern’ with ‘lateral rib type’ and ‘keel height’.

**Key words:** apricot, natural populations, endocarp, qualitative traits, phenetics of populations, Mountainous Dagesta

## Введение

Изучение внутривидового разнообразия диких сородичей плодовых культур является одним из ведущих направлений ботанического и генетического ресурсосведения, связанных с выявлением и использованием фенотипического потенциала популяции и вида; оно выступает как исходный этап в селекции и интродукции (пребридинг), а также как необходимая предпосылка в решении ряда проблем теории микроэволюции, биосистематики и популяционной биологии.

Среди экономически значимых плодовых культур подсемейства *Rgnoideae* видное место занимает абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L. = *Armeniaca vulgaris* Lam.). В настоящее время крупные массивы дикорастущих популяций абрикоса сохранились в Средней Азии, Китае и Горном Дагестане (Zhukovsky, 1964; Vekhov et al., 1978). Природные популяции абрикоса в Горном Дагестане распространены по долинам рек Аварское Койсу, Андийское Койсу, Казикумухское Койсу и Кара Койсу на высотах 350–1500 м н. у. м., иногда (единично) по южным склонам – до 1900 м. Предпочитают известняковые щебнистые склоны, где образуют так называемые «абрикосовые саванны», редко формируя сплошные массивы (Asadulaev et al., 2014; Anatov et al., 2015).

Абрикос Дагестана, согласно эколого-географической классификации К. Ф. Костиной (Kostina, 1947, 1965), относится к Ирано-Кавказской эколого-географической группе и дагестанской региональной подгруппе (Mehlenbacher et al., 1991). Поскольку Ирано-Кавказский ареал считают вторичным центром генетического разнообразия абрикоса (Vavilov, 1960), то изучение генофонда абрикоса в Дагестане является одной из приоритетных задач в современном плодоводстве России.

Одним из методов изучения внутривидового разнообразия природных популяций является **фенетический анализ** – распределение и состав дискретных признаков-маркеров (фенов) в природных группировках.

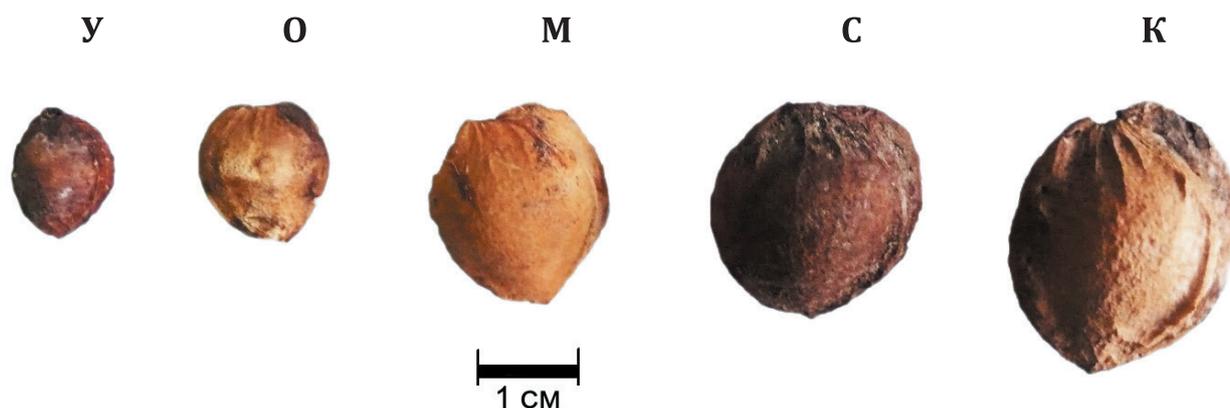
В этой связи нами была поставлена *цель* – оценить формовое разнообразие природных популяций абрикоса Горного Дагестана по качественным признакам (фенам) эндокарпия (косточки).

## Материалы и методы

Для выявления формового разнообразия эндокарпия природных популяций абрикоса в условиях Горного Дагестана были выбраны три модельные ценопопуляции (ЦП): в Гунибском районе по р. Каракойсу (с. Нижний Кегер, 900–1200 м н. у. м.), р. Багдакули (с. Салта, 900–1100 м н. у. м.) и в Левашинском районе по р. Казикумухское Койсу (с. Буртани, 1000–1200 м н. у. м.). Сбор косточек осуществлялся маршрутным методом по трансекте вдоль склонов. Морфологическое описание эндокарпия проведено у 328 деревьев по 11 качественным признакам с использованием общепринятых методик (Kostina, 1936; Denisov et al., 1988; Pomologiya..., 2009; Avdeev, 2012) с нашими дополнениями. Сравнение ЦП абрикоса проведено по следующим качественным характеристикам: размер, форма, симметричность, форма основания, форма отверстия основания, форма верхушки, ширина ребер (брюшной шов), высота кия, форма кия, тип боковых ребер, спинной шов, окраска, характер кия и поверхность. Математическая обработка данных проведена с использованием непараметрических методов анализа (Rokitsky, 1973). Статистическая обработка данных проводилась с помощью системы обработки данных Statistica v. 5.5.

## Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ природных популяций абрикоса показал высокий размах изменчивости размеров и формы эндокарпия (табл. 1). Так, по размеру было выделено пять классов – от ультрамелких, длина и ширина которых не превышали 1 см, до крупных, сопоставимых по размерам эндокарпия с культурными сортами (рис. 1).



**Рис. 1.** Размеры косточек абрикоса в природных популяциях

**Примечание:** У – ультрамелкий, О – очень мелкий, М – мелкий, С – средний, К – крупный

**Fig. 1.** Sizes of apricot stones in natural populations

**Note:** У – ultra-small, О – very small, М – small, С – medium, К – large

Размер крупных косточек достигал 2,5 см и более в длину. Наибольшее число обнаруженных косточек относилось к очень мелким и мелким (38% и 37% соответственно). В целом нужно отметить, что распределение частот по размерам косточки подчиняется нормальному распределению с небольшим левосторонним отклонением. В пространственном аспекте частоты размеров косточек варьировали в зависимости от близости на-

селенных пунктов. Вблизи культурных садов и посадок абрикоса (с. Салта и Нижний Кегер) процент косточек средних и крупных размеров больше, чем в отдаленных (с. Буртани). Например, в окрестностях с. Салта процент средних и крупных косточек составлял 24% и 7% соответственно, а у с. Буртани – 19% и 2%, то есть очевидно влияние генофонда культурных садов на размерные признаки эндокарпия.

**Таблица 1. Сравнительная характеристика природных популяций абрикоса по качественным признакам эндокарпия в Дагестане**

**Table 1. Comparative characteristics of natural apricot populations in Dagestan according to qualitative traits of the endocarp**

Признаки	Градация	Салта (n = 54)	Нижний Кереп (n = 146)	Буртани (n = 128)	Сумма (n = 328)
		p±Sp	p±Sp	p±Sp	p±Sp
Размер	Очень мелкий	30±6,2	42±4,1	37±4,3	37±2,7
	Мелкий	39±6,6	35±3,9	40±4,3	38±2,7
	Средний	24±5,8	19±3,3	19±3,5	21±2,2
	Крупный	7±3,6	4±1,6	2±1,5	4±1,1
Форма	Округлая	42±6,7	24±3,5	27±4,0	29±2,5
	Эллипсоидная	9±4,0	18±3,2	12±2,8	14±1,9
	Яйцевидная	41±6,7	35±3,9	37±4,3	38±2,7
	Вытянутая	4±2,6	6±2,0	5±1,9	5±1,2
	Продолговатая	0	10±2,4	9±2,6	7±1,5
	Полусердцевидная	4±2,6	6±2,0	5±1,9	5±1,2
	Каплевидная	0	1±0,7	5±1,9	2±0,8
Симметрия	Симметричная	50±6,8	51±4,1	36±4,2	45±2,8
	Асимметричная	50±6,8	49±4,1	64±4,2	55±2,8
Форма основания	Суженная	37±6,6	50±4,1	58±4,4	51±2,8
	Широкая	63±6,6	50±4,1	42±4,4	49±2,8
Форма отверстия основания	Горизонтальная	48±6,8	36±4,0	33±4,2	37±2,7
	Скошенная	41±6,7	56±4,1	44±4,4	49±2,8
	Воронковидная	11±4,3	8±2,2	23±3,7	14±1,9
Форма верхушки	Острая	54±6,8	47±4,1	22±3,7	38±2,7
	Тупая	46±6,8	53±4,1	78±3,7	62±2,7
Ширина ребер	Узкая	30±6,2	35±3,6	23±3,7	25±2,4
	Средняя	42±6,7	59±4,1	52±4,4	54±2,8
	Широкая	28±6,1	16±3,0	25±3,8	21±2,3
Высота кия	Малая	15±4,8	29±3,8	27±3,9	26±2,4
	Средняя	35±6,5	40±4,1	36±4,2	37,5±2,7
	Большая	50±6,8	31±3,8	37±4,3	37±2,7
Форма кия	Равномерная	30±6,2	38±4,0	31±4,1	34±2,6
	Срединная	13±4,6	9±2,4	15±3,1	12±1,8
	Основание	42±6,7	15±3,0	27±3,9	24±2,4
	Верхушка	15±4,8	38±4,0	27±3,9	30±2,5
Тип боковых ребер	Бороздчатые	18±5,3	22±3,5	33±4,2	26±2,4
	Гладкие	32±6,3	25±3,6	33±4,2	29±2,5
	Выраженные	35±6,5	31±3,8	25±3,8	29±2,5
	Развитые	15±4,8	22±3,4	9±2,6	16±2,0
	Закрытый	24±5,8	12±2,7	27±3,9	19±2,2
Спинной шов	Верхушка	46±6,8	44±4,1	48±4,4	46±2,8
	Основание	2±1,8	3±1,5	3±1,5	3±0,9
	Прерывистый	24±5,8	31±3,8	21±3,6	26±2,4
	Открытый	4±2,6	10±2,5	1±1,1	6±1,3
Характер кия	Острый	82±5,3	85±3,0	91±2,5	87±1,9
	Тупой	18±5,3	15±3,0	9±2,5	13±1,9
Окраска	Светлая	54±6,8	44±4,1	52±4,4	49±2,8
	Темная	46±6,8	56±4,1	48±4,4	51±2,8
Поверхность	Гладкая	11±4,3	14±2,9	15±3,1	14±1,9
	Слабошершавая	35±6,5	58±4,1	48±4,4	50±2,8
	Сильношершавая	50±6,8	26±3,6	36±4,2	34±2,6
	Ямчатая	4±2,6	2±1,2	2±1,1	2±0,8

**Примечание:** p – доля особей в процентах; Sp – средняя ошибка

По форме эндокарпия было выделено 7 типов (рис. 2). *Округлая* – соотношение длины и ширины примерно равное. Это один из распространенных типов; встречаемость в различных местах от 24 до 42%.

*Эллипсоидная* (овальная) – эндокарпий овальной, широкоовальной формы в природе встречается в пределах 9–18%, в среднем – 14%.

*Яйцевидная* – форма эндокарпия с расширенным основанием и более суженной верхушкой. Самый распространенный тип в природных популяциях Дагестана. Незначительно варьируя в различных местах (от 35 до 41%), в среднем составляет 38%.

*Вытянутая* – по классификации Авдеева (Avdeev, 2012), относится к саблевидной. Эндокарпий сильноасимметричный за счет очень выпуклого брюшного шва. Составляет небольшой процент (4–6%) деревьев от общего числа.

*Продолговатая* – косточка продолговатая (отношение ее длины к ширине составляет 1,3–1,6), средних и крупных размеров (16–20 мм длины). Характерна для 7% деревьев.

Нами в природе были выявлены еще два редких типа эндокарпия – полусердцевидная и каплевидная формы.

*Полусердцевидная* форма косточки характеризуется сильной выпуклостью у основания косточки со стороны кия и овальной формой со стороны шва. Тип эндокарпия исключительно асимметричный. Встречаемость – 4–6%.

*Каплевидная* – яйцевидная форма, близкая к каплевидной (обратнойяйцевидная), с суженным основанием. Очень редкая форма, встречаемость деревьев – в среднем 2%.

Таким образом, в природных популяциях подавляющее большинство деревьев абрикоса имеют яйцевидную и округлую форму косточки, на их долю приходится 67% из всего разнообразия.



**Рис. 2. Форма косточек абрикоса**

**Примечание:** О – округлая, Э – эллипсоидная, Я – яйцевидная, П – продолговатая, В – вытянутая, К – каплевидная, С – полусердцевидная

**Fig. 2. Apricot stone shapes**

**Note:** О – rounded, Э – ellipsoid, Я – ovoid, П – oblong, В – prolate, К – teardrop-shaped, С – semicordate

По форме спинного шва выделено пять типов косточек (рис. 3).

*Закрытый* – полностью закрытый спинной шов, встречается в пределах 12–27%, одна из распространенных форм.

*Открытый у основания* – редкая форма спинного шва, встречаемость составляет 2–3%.

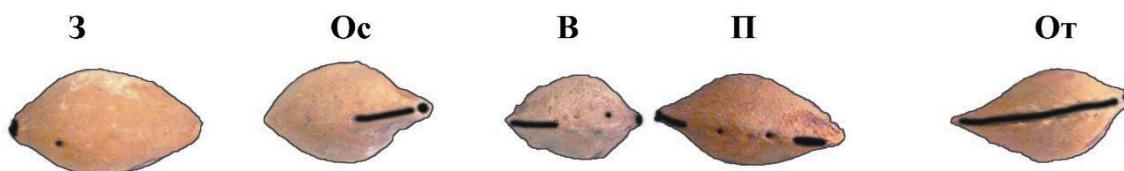
*Открытый у верхушки* – самый распространенный тип спинного шва, характерен для 44–48% деревьев, то есть почти каждое второе дерево имеет этот тип спинного шва.

*Прерывистый* – тип спинного шва, когда у основания и верхушки спинной шов открытый; встречается у четверти деревьев в диапазоне 21–31%.

*Открытый* – тип спинного шва, открытый на всем или

почти всем протяжении. Также редкая форма, встречаемость в среднем 6%.

По форме отверстия эндокарпия выделены скошенные, горизонтальные и воронковидные (рис. 4). Этот признак имеет иногда внутрикронную изменчивость. Могут встречаться все три типа на одном дереве, однако для каждого дерева характерен определенный доминирующий тип. Подавляющее большинство деревьев имеет два типа отверстия – горизонтальное (37%) и скошенное (49%). Воронковидную форму имеет 14%, причем в удаленной от садов популяции абрикоса у с. Буртани этот тип косточек встречается у 23%.

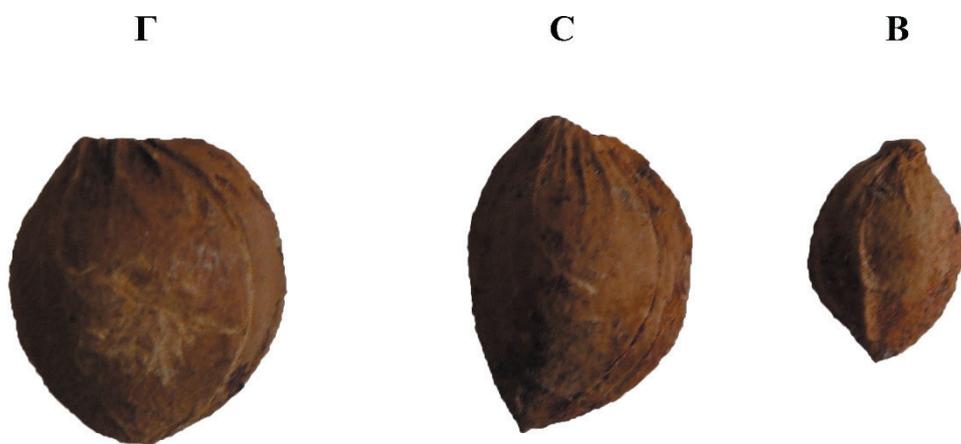


**Рис. 3. Форма спинного шва косточек абрикоса**

**Примечание:** З – закрытый, Ос – открытый у основания, В – открытый у верхушки, П – прерывистый, От – открытый по всей длине

**Fig. 3. Shapes of the dorsal suture on apricot stones**

**Note:** З – closed, Ос – open at the base, В – open at the tip, П – intermittent, От – open along the entire length



**Рис. 4. Форма отверстия косточек абрикоса**

**Примечание:** Г – горизонтальное, С – скошенное, В – воронковидное

**Fig. 4. Shapes of the hole on apricot stones**

**Note:** Г – horizontal, С – slanted, В – funnel-shaped



**Рис. 5. Симметричность косточек абрикоса**

Примечание: С – симметричная, А – ассиметричная

**Fig. 5. Symmetry of apricot stones**

Note: C – symmetric, A – asymmetric

Симметричность абрикоса во многом зависит от типов форм косточки и в целом в природных условиях имеет равное соотношение частот: ассиметричных – 55%, симметричных – 45% (рис. 5).

Из других отметим такой важный признак, как тип боковых ребер. Встречаются бороздчатые, гладкие, выраженные и развитые (ребристые). Почти все типы представлены в равномерных пропорциях, то есть не выделены доминирующие формы; чуть больше представлен тип «выраженные» (в среднем 29%), меньше всего деревьев с «развитым» типом (16%).

По типам формы основания эндокарпия встречаемость их в целом равномерное, но они сильно различаются в крайних популяциях по близости к культурным садам. В салтинской ЦП преобладают эндокарпии с широким основанием (63%), в буртанинской – суженные (58%)

По форме верхушки косточки преобладают тупоконечные (62%); признак варьирует в зависимости от близости садов: возле садов преобладают остроконечные, а в отдалении – тупоконечные.

По высоте кия преобладают косточки средние и вы-

сокие. Интересные данные представляет форма кия. Преобладает равномерная форма кия, на ее долю приходится треть всех деревьев (34%); меньше всего косточек встречалось со срединным типом кия, когда максимальная высота кия приходится на среднюю часть и сильно сужается к основанию и верхушке. Характер кия в подавляющем большинстве острый, в среднем – 87%. Светлая и темная окраска косточек в целом представлена одинаково.

Обнаружено четыре типа характера поверхности эндокарпия. Наибольшее число имеют слабошершавую и сильношершавую поверхности. Редко встречаются эндокарпии с гладкой поверхностью (14%) и почти не встречаются с ямчатой (2%). По типам поверхностей косточек также замечены различия в зависимости от удаленности от садов. Вблизи преобладают сильношершавые, а вдали возрастает доля гладких и слабошершавых форм.

Корреляционный анализ между признаками косточки проводился с помощью коэффициента ранговой корреляции «тау» Кендалла (табл. 2). В анализе были использованы признаки, имеющие градации, либо альтернативные их типы (узкий – широкий, острый – тупой и т. д.).

**Таблица 2. Коэффициенты ранговой корреляции «тау» Кендалла между признаками косточки**

**Table 2. Kendall's tau coefficients showing rank correlations between stone traits**

Признаки	Размер	Форма основания	Форма верхушки	Ширина ребер	Высота кия	Тип боковых ребер
Форма основания	-0,035					
Форма верхушки	0,147*	0,055				
Ширина ребер	0,056	0,050	-0,048			
Высота кия	0,166*	0,126*	0,032	0,507*		
Тип боковых ребер	0,029	-0,065	-0,094*	0,234*	0,152*	
Характер кия	0,022	0,106*	-0,011	-0,068	-0,179*	-0,202*

Примечание: \*корреляции достоверные на  $p < 0,05$  уровне значимости

Результаты корреляционного анализа показали достоверную положительную связь между признаками «высота кия» и «ширина ребер», то есть чем выше киль, тем шире ребра. Положительные достоверные корреляции

также отмечены между признаками «тип боковых ребер» и «ширина ребер». Выявлены слабые отрицательные достоверные корреляции признака «характер кия» с признаками «тип боковых ребер» и «высота кия».

## Заключение

Сравнительный анализ природных популяций абрикоса показал высокое варьирование размеров и формы эндосперма (косточки). Выявлено пять классов по размеру косточки. Наибольшее число косточек относилось к очень мелким (37,8%) и мелким (37,5%). По форме косточек было выделено семь типов. Подавляющее большинство деревьев абрикоса имеют яйцевидную и округлую форму косточки, на долю которых приходится 65,3% всего разнообразия.

По мере отдаления от культурных садов уменьшается размер косточек, возрастает процент ассиметричных косточек с воронковидным отверстием и суженным основанием, малой высотой кия и бороздчатыми ребрами, со слабошершавой поверхностью и горькосемянностью.

Корреляционный анализ имеющих градации призна-

ков косточки с помощью коэффициента ранговой корреляции «тау» Кендалла выявил высокую достоверную положительную связь между признаками «высота кия» и «ширина ребер», а также между признаками «тип боковых ребер» и «ширина ребер». Выявлены отрицательные достоверные корреляции между признаком «характер кия» и признаками «тип боковых ребер» и «высота кия».

Результаты сравнительного анализа природных популяций абрикоса по качественным признакам эндосперма показали, что по мере отдаления от культурных садов и с возрастанием высоты над уровнем моря уменьшается формовое разнообразие, увеличивается процент мелких, ассиметричных косточек с воронковидным отверстием и суженным основанием, усиливается преобладание форм с малой высотой кия, бороздчатыми ребрами и слабошершавой поверхностью.

## References/Литература

- Anatov D. M., Osmanov R. M., Asadulaev Z. M., Gaziev M. A. (2015) Ecological and historical aspects of the diversity of apricot forms in the Mountainous Dagestan (Ekologicheskiye i istoricheskite aspekty raznoobraziya form abrikosa v Gornom Dagestane). *Bulletin of Dagestan State University (Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta)*, vol. 30, iss. 1, pp. 73–81 [in Russian] (Анатов Д. М., Османов Р. М., Асадулаев З. М., Газиев М. А. Экологические и исторические аспекты разнообразия форм абрикоса в Горном Дагестане // Вестник Дагестанского государственного университета. 2015. Т. 30, вып. 1. С. 73–81).
- Asadulaev Z. M., Anatov D. M., Gaziev M. A. (2014) Genetic resources of *Prunus armeniaca* L. natural populations in Mountainous Dagestan. *Acta Hort.* (ISHS), 1032, pp. 183–190.
- Avdeev V. I. (2012) Apricots of Eurasia: evolution, gene pool, introduction, breeding (Abrikosy Yevrazii: evolyutsiya, genofond, introduktsiya, selektsiya). Orenburg: Publishing Center OGAU, 408 p. [in Russian] (Авдеев В. И. Абрикосы Евразии: эволюция, генофонд, интродукция, селекция. Оренбург : Издат. центр ОГАУ, 2012. 408 с.).
- Denisov V. P., Lomakin E. N., Korneychuk V. A. (1988) COMECON wide unified descriptor list for the genus *Armeniaca* Scop. (Shirokiy unifikirovanny klassifikator SEV roda *Armeniaca* Scop.). USSR, Leningrad: VIR, 36 p. [in Russian] (Денисов В. П., Ломакин Э. Н., Корнейчук В. А. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Armeniaca* Scop. СССР, Л. : ВИР, 1988. 36 с.).
- Kostina K. F. (1936) Apricot. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*, Supplement 83, 290 p. [in Russian] (Костина К. Ф. Абрикос // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1936. Приложение 83. 290 с.).
- Kostina K. F. (1947) Origin and evolution of cultivated apricot (Proiskhozhdeniye i evolyutsiya kulturnogo abrikosa). *Proceedings of Nikita Botanical Garden (Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada)*, vol. 24, iss. 1. pp. 25–39 [in Russian] (Костина К. Ф. Происхождение и эволюция культурного абрикоса // Труды Никитского ботанического сада. 1947. Т. 24, вып. 1. С. 25–39).
- Kostina K. F. (1965) Phytogeographic study of apricot for the purposes of breeding use (Botaniko-geograficheskoye izycheniye abrikosa v tselyakh selektsionnogo ispolzovaniya: Report for a scientific degree of Dr. Agric. Sci. Moscow, 36 p. [in Russian] (Костина К. Ф. Ботанико-географическое изучение абрикоса в целях селекционного использования : доклад на соискание ученой степени док. с.-х. наук. Москва, 1965. 36 с.).
- Mehlenbacher S. A., Cociu V., Hough L. F. (1991) Apricots (*Prunus*). In: Moore J. N., Ballington J. R. (eds) Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. *Acta Hort.*, 290, pp. 63–109.
- Pomology. Stone fruit crops. Vol. 3. (Pomologiya. Kostochkovye kul'tury. T. 3) (2008), Orel: VNIISPК, 592 p. [in Russian] (Помология. Косточковые культуры. Т. 3. Орел : ВНИИСПК, 2008. 592 с.).
- Rokitsky P. F. (1973) Biological statistics (Biologicheskaya statistika). Minsk: Vyssh. Shkola, 316 p. [in Russian] (Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск : Вышш. школа, 1973. 316 с.).
- Vavilov N. I. (1960) Wild relatives of fruit trees in the Asian part of the USSR and the Caucasus and the problem of the origin of fruit trees. In: Selected works in five volumes (Izbrannye trudy v pyati tomakh), vol. II; Moscow; Leningrad: USSR Acad. of Sci. Publ., p. 343–360 [in Russian] (Вавилов Н. И. Дикие родичи плодовых деревьев Азиатской части СССР и Кавказа и проблемы происхождения плодовых деревьев. Т. II. Избр. труды в пяти томах. М. ; Л. : изд. АН СССР, 1960. С. 343–360).
- Vekhov V. N., Gubanov I. A., Lebedeva G. F. (1978) Cultivated plants of the USSR. Moscow, 336 p. [in Russian] (Вехов В. Н., Губанов И. А., Лебедева Г. Ф. Культурные растения СССР. М., 1978. 336 с.).
- Zhukovskiy P. M. Cultivated plants and their relatives (Kulturnye rasteniya i ikh sorodichi). Leningrad: Kolos, 791 p. [in Russian] (Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. Л. : Колос. 1964. 791 с.).

## Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of the financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

## Для цитирования/How to cite this article

Анатов Д. М. Фенетический анализ природных популяций абрикоса Горного Дагестана по признакам эндосперма (косточки) Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 89–94. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-89-94

Anatov D. M. Phenetic analysis of natural apricot populations in the Mountainous Dagestan for endocarp (stone) features. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019; 180(1): 89–94. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-89-94

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

## Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-89-94>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

# КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЫЛЬЦЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS* L.) И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЕ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-95-104

УДК 581.331.2 58.086 58.087

Поступление/Received: 16.01.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

О. Н. ВОРОНОВА<sup>1</sup>, В. А. ГАВРИЛОВА<sup>2</sup><sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, 197376 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2; ✉ o\_voronova@binran.ru

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр

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

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF SUNFLOWER POLLEN (*HELIANTHUS* L.) AND ITS USE IN BREEDING WORKO. N. VORONOVA<sup>1</sup>, V. A. GAVRILOVA<sup>2</sup><sup>1</sup> Komarov Botanical Institute of the RAS, 2 Prof. Popova St., St. Petersburg, 197376 Russia; ✉ o\_voronova@binran.ru<sup>2</sup> N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42–44 Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg 190000, Russia;

✉ v.gavrilova@vir.nw.ru

**Актуальность.** В селекционной работе необходимо учитывать такой важный признак, как мужская фертильность полученных гибридов. Необходимо проводить не только визуальный анализ, но и цитологическое исследование пыльцы для правильной оценки фертильности. **Материалы и методы.** Исследовались дикie виды, сорта, линии и гибриды подсолнечника из коллекции ВИР, выращенные на полях Кубанской опытной станции ВИР. Пыльцу собирали с изолированных соцветий, фиксировали в растворе FAA, окрашивали ацетокармином. Определяли отношение фертильных пыльцевых зерен к общему числу пыльцевых зерен (в %), измеряли диаметр пыльцевых зерен и строили вариационные кривые. **Результаты.** Зрелые пыльцевые зерна у подсолнечника округлые, трехбороздно-поровые, трехклеточные; средний диаметр пыльцы у культурного подсолнечника 28–32 мкм, от 20–22 у *Helianthus angustifolius* L. и *H. ciliaris* DC. и до 32–34 у *H. tuberosus* L. и *H. maximiliani* Schrad. У *H. giganteus* L. отмечались зерна размером более 40 мкм. Все исследованные образцы по показателям пыльцы разделены на три группы. Фертильные: уровень фертильности – 75–99%, низкая морфологическая гетерогенность пыльцы; вариационная кривая по среднему диаметру характеризовалась одним отчетливым пиком. Группа включает сорта, большинство линий и виды *H. ciliaris*, *H. rigidus* Desf., *H. strumosus* L. Полуфертильные: количество хорошо окрашенных пыльцевых зерен в пробе ниже 75%, наблюдаются различия по степени окрашиваемости и размерам пыльцы; вариационная кривая имела дополнительные пики. Группа включает линии, гибриды, дикie виды и образцы с делянок, где у растений наблюдался разброс по признаку фертильности пыльцы. Наибольшая морфологическая неоднородность наблюдалась у многолетних межвидовых гибридов (ВИР 117 × *H. strumosus*; НА89 × *H. strumosus*). Стерильные образцы: пыльцевые зерна отсутствовали или отмечены в единичном количестве. **Выводы.** Для оценки фертильности растения важным является не только определение степени окрашиваемости пыльцевых зерен, но и ранжирование их по диаметру и построение вариационных кривых: это позволяет выявить морфологическую неоднородность пыльцы, что свидетельствует о нарушениях в микроспорогенезе, следствием которых является плохая завязываемость семян.

**Ключевые слова:** подсолнечник, ЦМС, фертильность пыльцы, диаметр пыльцы, методы исследования

**Background.** In breeding work, it is necessary to take into account such an important feature as male sterility of the hybrids obtained. If a plant has visually visible anthers and pollen, the quality of the pollen grains themselves may be low. It is necessary to carry out not only a visual analysis, but also a cytological study of pollen in order to properly assess the reproductive potential of plants. **Materials and methods.** Wild species, some cultivars, lines and hybrids of sunflower from the collection of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources were taken as objects of research. The plants were grown on the fields of Kuban Experiment Station. Pollen was collected from pre-insulated inflorescences, fixed in FAA solution and stained with acetocarmine. The ratio of fertile pollen grains to the total number of pollen grains (in %) was calculated, the diameter of the pollen grains was measured, and variability curves were drawn. **Results.** Mature pollen grains in sunflower are rounded, tricolpate-poral, three-celled; the average pollen diameter in cultivated sunflower is 28–32 μm; in wild species, the range is from 20–22 μm to 32–34 μm. All accessions were divided into three groups. *Fertile*: high level of fertility (75–99%) and low morphological heterogeneity of pollen; the variation curve for the average diameter was characterized by one distinct peak. Most of the studied accessions were included here: cultivars, most of the lines and some of the wild species. *Semi-fertile*: the number of well-stained pollen grains is below 75%; there are differences in the degree of staining and size of the pollen; the variation curve had additional peaks. This group included some of the lines, hybrids and wild species. The greatest morphological heterogeneity was observed in the group of perennial interspecific hybrids. *Sterile*: pollen grains were absent or were observed very sporadically. **Conclusion.** To assess the fertility of plants, it is important not only to determine the degree of staining in pollen grains, but also to rank them by diameter and construct variation curves to reveal morphological heterogeneity of pollen.

**Key words:** sunflower, CMS, pollen fertility, pollen diameter, methods

## Введение

Селекционная работа с подсолнечником включает скрещивания, в том числе с использованием линий с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС-линий), и последующую оценку полученных гибридов. В этой оценке необходимо учитывать уровень фертильности. Стерильность пыльцы приводит к плохой завязываемости семян и снижению урожайности линий, сортов и гибридов подсолнечника. В комбинациях, где отцовская форма несет «ген восстановления фертильности пыльцы», ожидается, что потомки должны быть фертильны. В полевых условиях выращивания подсолнечника учет по признаку «фертильный/стерильный» ведется, как правило, только на основании визуального анализа. При наличии пыльников и пыльцы на растении во время цветения оно считается фертильным, при отсутствии пыльцы и видимом недоразвитии пыльников – стерильным.

Проведенные ранее цитологические исследования (Voronova et al., 2011), показали, что у некоторых растений при наличии визуально нормально сформированных пыльников и высыпавшейся из них пыльцы качество самих пыльцевых зерен может быть неоднородным. Среди изученного ранее материала встречались деланки, где у растений до 50% пыльцевых зерен были недоразвитыми, имели неоднородно окрашивающуюся цитоплазму и/или значительно отклонялись по размерам от нормальных (микро- и макропыльцевые зерна). Этого указывает на необходимость проведения не только визуального (морфологического) анализа, но и цитологического исследования для правильной оценки фертильного статуса растений.

Обычно для лучшей визуализации содержимого микроскопических объектов используется или метод окрашивания, или, наоборот, просветления тканей. Оболочка пыльцевого зерна у подсолнечника довольно плотная, и метод просветления для него не подходит.

Из методов окрашивания наиболее простой и давно используемый исследователями на практике – окрашивание ацетокармином (уксусным кармином) (Navashin, 1936; Barykina et al., 2004). Кроме простоты приготовления и использования еще одно из преимуществ ацетокармина – отсутствие необходимости предварительной фиксации, поскольку в раствор красителя входит уксусная кислота.

Помимо ацетокарминового метода довольно популярно окрашивание пыльцы по Александру (Alexander, 1969). Ряд авторов давно и успешно его используют, в том числе и на подсолнечнике, например, J. Atlagić с соавторами (Atlagić et al., 2012). Есть некоторые модификации этого метода (Peterson, Slovin, 2010). Краситель по Александру более трудоемкий в изготовлении, чем ацетокармин, что делает его гораздо менее удобным для использования в условиях полевых стационаров.

Что позволяют оценить эти методы? Форму, размер, состояние цитоплазмы пыльцевого зерна. Конечно, нельзя говорить о том, что все хорошо окрашенные пыльцевые зерна нормального размера фертильны и способны полноценно функционировать (опылить). В любом оценочном методе есть некоторая доля погрешности. По крайней мере, неокрашенные пыльцевые зерна, отнесенные к стерильным, однозначно не способны к опылению. Поэтому методы окрашивания скорее позволяют говорить о жизнеспособных или нежизнеспособных пыльцевых зернах. Так сложилось, что в русской литературе, говоря об анализе пыльцы, обычно используют термины «фертильные пыльцевые зерна» и «стерильные пыльцевые зерна»

(Barykina et al., 2004), хотя оценивают не их оплодотворяющую способность, а скорее потенциальную возможность опыления ими. В англоязычной литературе, наряду с термином “fertility”, используют термины “viability” (Atlagić et al., 2012) или делят пыльцевые зерна на “aborted” и “non-aborted pollen grain” (Peterson, Slovin, 2010).

Для оценки именно фертильности пыльцевых зерен можно использовать метод опыления отдельных рылец исследуемой пыльцой с их последующей фиксацией и анализом давленных препаратов рылец с проросшей на них пыльцой (Barykina et al., 2004; Voronova et al., 2011), но этот метод намного более сложный и не годится для использования в полевых условиях.

*Задачей нашего исследования* явилась оценка качества пыльцы некоторых видов, сортов, линий и гибридов подсолнечника из коллекции ВИР с использованием цитоморфологического метода.

Кроме степени окрашиваемости пыльцевых зерен перспективным признаком для использования в оценке качества пыльцы является еще диаметр пыльцевых зерен. Ранее в цитологическом анализе этот признак мы не учитывали. Ранжирование по диаметру и построение вариационных кривых позволяет оценить и наглядно представить степень неоднородности пыльцы по размеру, а также сделать выводы о ее фертильности и способности к опылению.

## Материалы и методы

В качестве объектов исследования были взяты дикие виды, некоторые культурные сорта и линии, а также гибриды подсолнечника (в том числе межвидовые) из коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), произрастающие на интродукционно-карантинном питомнике или на полях Кубанской опытной станции (КОС ВИР) – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) (таблица). Исследования охватывают периоды 2003–2008 и 2014, 2015 годы. Пыльцу собирали непосредственно перед фиксацией, как правило, с предварительно заизолированных (с помощью пергаментных изоляторов) соцветий.

Исследовали от 4 до 10 растений с каждой деланки. Для фиксации брали не менее 5 трубчатых цветков с одного соцветия. Предпочтительно собирать не отдельные пыльники, а цветки целиком, так как при этом стенки пыльников меньше повреждаются, и пыльца из них не высыпается в раствор фиксатора. Фиксировали материал не менее 2-х часов. Фиксатором служил раствор FAA (70-градусный этиловый спирт, 40-процентный продажный формалин и ледяная уксусная кислота в соотношении 100 : 7 : 7). В нем материал можно оставить на хранении на длительное время, а при возможности заменить на 70-градусный этанол. Ацетокармин готовили традиционным способом: растворяли в 45-процентной уксусной кислоте до полного насыщения раствора (примерно 4–6 г красителя на 100 мл дистиллированной воды), затем кипятили, охлаждали и фильтровали (Barykina et al., 2004).

Материал окрашивали ацетокармином по разработанной нами методике, изложенной ниже.

С каждой фиксации брали по пять цветков. Из цветка извлекали все пыльники (пыльниковую трубочку целиком), помещали их в лунку пластикового планшета («таблетницы»), маркировали, капали ацетокармин так, чтобы уровень жидкости в лунке полностью закрыл пыльники; накрывали крышкой или чашкой Петри (чтобы избежать

испарения красителя) и помещали в термостат ( $t = 60^{\circ}\text{C}$ ) на 2 часа.

После окрашивания промывали пыльники от красителя несколько раз, капая дистиллированную воду и оттягивая ее излишки пипеткой. Пыльники переносили на предметное стекло и препаровальными иглами раздавливали каждый пыльник так, чтобы из него вышла пыльца. Остатки пыльника убирали со стекла, капали монтировочную среду и накрывали покровным стеклом. Для получения постоянных препаратов в качестве монтировочной среды использовали глицерин-желатину или Mowiol (поливиниловый спирт) (Barykina et al., 2004). Препараты сушили в течение суток.

Кроме ацетокарминового метода была опробована окраска по Александру (Alexander, 1969) в упрощенной прописи красителя – без фенола и хлоралгидрата (Peterson, Slovin, 2010).

Препараты подвергались первичному анализу на месте сбора материала, а затем исследовались в лаборатории эмбриологии и репродуктивной биологии Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН (БИН РАН). Подробное цитологическое исследование, фотографирование и измерение осуществлялись с помощью микроскопа Zeiss AxioPlan 2 Imaging с цифровой фотокамерой в программе AxioVision.

Для вычисления процента фертильной пыльцы учитывали окрашенные и неокрашенные пыльцевые зерна. Просматривали и фотографировали не менее 10 полей зрения микроскопа. Оценку вели по степени окрашиваемости (неокрашенные, слабо окрашенные, хорошо окрашенные) и по размеру (мелкие пыльцевые зерна, нормальные, увеличенные).

Фертильными считали пыльцевые зерна нормального и увеличенного размера с равномерно окрашенной цитоплазмой, к стерильным были отнесены неокрашенные и неоднородно окрашенные пыльцевые зерна всех размеров, а также окрашенные зерна значительно меньшего размера (микрорпыльца).

Оценивали отношение фертильных пыльцевых зерен к общему числу учтенных пыльцевых зерен данного препарата (в %), проводили измерение диаметра пыльцевых зерен и математическую обработку полученных данных, включающую построение вариационных кривых по встречаемости пыльцевых зерен определенного диаметра. Пыльцевые зерна у подсолнечника слегка эллипсоидные, но максимальный и минимальный диаметр отличаются незначительно и на уровне светового микроскопа их форма кажется близкой к шарообразной. Поэтому для расчетов мы использовали только один показатель – диаметр в наиболее широкой части пыльцевого зерна.

Ранжирование в группы проводилось с шагом 2 мкм. Расчеты, построение вариационных кривых и представление этих результатов в виде графиков осуществлялись с помощью пакета программ MS Excel.

### Результаты и обсуждение

Сравнение разных методов окраски пыльцы показало, что удобнее использовать для окрашивания временных препаратов краситель ацетокармин. Он прост в изготовлении и использовании, окрашивает нормальные (фертильные) пыльцевые зерна в красновато-карминной цветовой гамме, а пустые и поврежденные пыльцевые зерна (стерильные) остаются неокрашенными.

Зрелые пыльцевые зерна у подсолнечника округлые, трехбороздно-поровые, трехклеточные, с крупным вегетативным ядром и двумя ланцетовидными спермиями; оболочка пыльцевого зерна довольно толстая, экзина с крупными шипами. В цитоплазме четко различается вегетативное ядро и два спермия сильно вытянутой (червеобразной) формы, располагающиеся неглубоко под оболочкой пыльцевого зерна и изгибающиеся вдоль нее. Детали внутреннего строения особенно хорошо заметны на препаратах пыльцы полиплоидных видов, например, у топинамбура (рис. 1).



**Рис. 1.** Зрелые пыльцевые зерна *Helianthus tuberosus* L., окрашенные ацетокармином: *sp* – спермии, *p w* – оболочка пыльцы, *v n* – вегетативное ядро, *y s* – желтое вещество. Масштабная линейка – 20 мкм

**Fig. 1.** Mature pollen grains of *Helianthus tuberosus* L. stained with acetocarmine: *sp* – sperm cells, *p w* – pollen wall, *v n* – vegetative nucleus, *y s* – yellow substance. Bar – 20 microns

На ряде препаратов вокруг пыльцевых зерен наблюдается значительное количество желтого маслянистого вещества в виде гомогенных сферических тел (рис. 1; 2a, b, c, h). Гистохимические исследования разных авторов показали, что подобные капли дают реакцию на жиры, причем содержание жира в фертильных пыльцевых зернах выше, чем у стерильных, на всех этапах развития (Přev,

1966). Некоторыми авторами обсуждалось, что эти капли могут состоять из вещества спорополлининовой природы (Simonenko, Karpovich, 1978). Спорополлинин – сложный биополимер, который образует внешний слой поверхности пыльцевого зерна (Orel, 1978; Piffanelli et al., 1998), и желтое вещество, наблюдаемое вокруг пыльцевых зерен, вероятнее всего состоит из жиров, а не из спорополлинина.

В нашем исследовании мы также обратили внимание на присутствие на препаратах желтых капелек вокруг пыльцевых зерен, но связи их количества с нарушениями в формировании пыльцы не отметили. Например, у сортов 'Мастер' и 'Передовик' (*Helianthus annuus* L.) пыльца однородная по размерам и окраске, а у *H. occidentalis* Riddell – довольно неоднородная, но у тех и у других наблюдается значительное количество подобного вещества (рис. 2а, б, с, h). Поэтому наличие липидных капелек мы не рассматривали в качестве признака формирования дефектной пыльцы.

Средний размер пыльцевых зерен у культурного подсолнечника находится в диапазоне 28–32 мкм. Дикие виды сильнее различаются друг от друга по этому показателю. Например, у *H. angustifolius* L. и *H. ciliaris* DC. пыльца в среднем 20–22 мкм диаметром, у *H. occidentalis* – 25–27 мкм, у *H. tuberosus* L. и *H. maximiliani* Schrad. – до 32–34 мкм, а у *H. giganteus* L. отмечены зерна размером более 40 мкм. Построение вариационных кривых позволило наглядно продемонстрировать разделение пыльцевых зерен по диаметру и оказалось особенно информативным, когда в пробе кроме пыльцы нормального размера еще выявлялись группы пыльцевых зерен меньшего или большего размера (микро- и макропыльца). Параметр среднего диаметра пыльцевого зерна для сравнения проб пыльцы разных растений в данном случае оказался малоэффективен, поскольку он в любом случае не позволял выявить наличие различных групп по размерам среди пыльцевых зерен в пробе.

Все исследованные растения, по результатам анализа были условно поделены на три группы (см. таблицу):

1. ФЕРТИЛЬНЫЕ – фертильность 75–99% – пыльцевые зерна, практически равные по размерам и равномерно окрашены; к этой группе относится большинство из исследованных образцов. Вариационная кривая по диаметру пыльцы характеризовалась одним высоким пиком.

2. ПОЛУФЕРТИЛЬНЫЕ – с фертильностью ниже 75% – наблюдаются различия по степени окрашиваемости и размерам пыльцы; в эту же группу отнесены образцы, где у разных растений в пределах одного образца наблюдался заметный разброс по признаку фертильности пыльцы. Вариационная кривая по диаметру пыльцы имела выраженные дополнительные пики.

3. СТЕРИЛЬНЫЕ ОБРАЗЦЫ – пыльники сформированы, но пыльцевые зерна отсутствовали или отмечались в единичном количестве.

*К первой группе (фертильные) были отнесены:*

сорта: 'Передовик', 'Мастер', 'ВНИИМК 8883';

линии: RIL 80, RIL 130, ВИР 160, ВИР 210, ВИР 249, ВИР 364, ВИР 365, ВИР 558, ВИР 729, ВИР 740, ВИР 743, ВИР 763;

межлинейные гибриды (F<sub>1</sub>): ВИР 109 × ВИР 558, ВИР 116 × RIL 80, ВИР 116 × ВИР 195 (2012г), ВИР 116 × ВИР 210, ВИР 116 × ВИР 365, ВИР 116 × ВИР 558, ВИР 116 × ВИР 729, ВИР 116 × ВИР 763;

многолетний межвидовой гибрид (F<sub>1</sub>): *H. maximiliani* × ВИР 151;

многолетние виды: *H. californicus* DC., *H. ciliaris*, *H. eggerti* Small, *H. laetiflorus* Pers., *H. laevigatus* Torr. & A. Gray, *H. rigidus* Desf., *H. salicifolius* A. Dietr. *H. strumosus* L. со стабильно высокой фертильностью пыльцы и виды *H. divaricatus* L., *H. hirsutus* Raf., *H. mollis* Lam., *H. occidentalis*, *H. giganteus*, *H. grosseratus* M. Martens, *H. maximiliani*, *H. nutalli* Torr. & A. Gray, у которых в отдельные годы на некоторых из делянок наблюдалось снижение качества

пыльцы. С оговоркой в эту же группу была включена линия ВИР 366. Цветки из центра корзинки оказались стерильными, но такое явление иногда отмечается и у культурных образцов подсолнечника, хотя и не является обязательным.

Все 10 проб, взятых с растений сорта 'Передовик', были примерно одинаковыми по показателям пыльцы и имели высокую фертильность (рис. 2а). У растений сорта 'Мастер' результаты были несколько хуже – среди 10 растений было обнаружено одно растение со сниженной фертильностью пыльцы. У этого же растения среди пыльцевых зерен выделилось два варианта размеров – для фертильных и для стерильных (неокрашенных, частично окрашенных) пыльцевых зерен (рис. 2а, б, с).

*Ко второй группе (полуфертильные) были отнесены:*

линии: ВИР 760 (декоративная, махровое соцветие), ВИР 387, ВИР 900;

межлинейные гибриды (F<sub>1</sub>): ВИР 116 × RIL 130, ВИР 116 × ВИР 195, ВИР 116 × ВИР 743.

многолетние межвидовые гибриды: НА 89 × *H. occidentalis*, НА 89 × *H. strumosus*, ВИР 117 × *H. strumosus*, ВИР 129 × *H. occidentalis*;

многолетние виды: *H. angustifolius*, *H. floridanus* A. Gray ex Chapm., *H. decapetalus* L., *H. occidentalis*, *H. parishii* A. Gray, *H. tomentosus* Michx, *H. tuberosus*.

Отдельно внимания заслуживает линия ВИР 760 (декоративный, махровый), у которой на делянке из семи исследованных растений одно оказалось полностью стерильным, а у оставшихся шести фертильность колебалась от 70 до 93%. А также *H. occidentalis*, у которого на одной из делянок по годам отмечалось устойчивое снижение показателей качества пыльцы.

У гибрида ВИР 116 × RIL 130 на графике виден один пик на уровне 22–23 мкм и плато на уровне 26–27 мкм, что говорит о разделении образца на две группы по размеру пыльцы (рис. 3д). Более крупные пыльцевые зерна встречаются реже, чем более мелкие, что заметно и по фотографии (рис. 2д). Если сравнить со стандартом (у сорта 'Мастер' средний диаметр 27 мкм), то можно говорить, что более крупные – это нормальные зерна. Мелкие пыльцевые зерна демонстрируют неравномерность окраски и утолщенные оболочки. Все это говорит об их пониженной фертильности, поскольку подобные признаки свойственны дегенерирующей пыльце.

У гибрида ВИР 116 × ВИР 195 на графике видно два пика: 18–19 мкм, 24–25 мкм и плато на уровне 28–29 мкм, а также наличие пыльцевых зерен размером более 32 мкм (рис. 3е). Доля пыльцевых зерен увеличенного диаметра составляет более четверти от всех. В этом образце пыльца по размеру делится на три типа, что хорошо видно и на фотографии (рис. 2е).

У линии ВИР 760 присутствует значительное количество пыльцевых зерен очень маленького размера (менее 14 мкм) – микропыльца, отмечаются пыльцевые зерна уменьшенного и стандартного размера (рис. 2ф). Нет четкого пика, распределение размеров более плавное – от 19 до 24 мкм, и в целом размер меньше, чем у стандартного сорта 'Мастер' (рис. 3ф).

Изложенные выше факты свидетельствуют о явных отклонениях в микроспорогенезе, которые, вероятнее всего, связаны с нарушениями в мейозе.

У многолетнего вида *H. tuberosus* на графике пыльцевые зерна поделены на три типа по размерам (рис. 3г). Переход между типами довольно плавный. Крупный размер соответствует фертильным (нормальным) пыльцевым зернам, средний и мелкий – в основном, стерильным (неокрашенным) (рис. 2г).

Не исключено, что разделение на типы связано с нарушениями в мейозе, которые приводят к формированию пыльцы разной плоидности.

У многолетнего вида *H. occidentalis* наблюдается четкое выделение трех типов – нормальные пыльцевые зерна

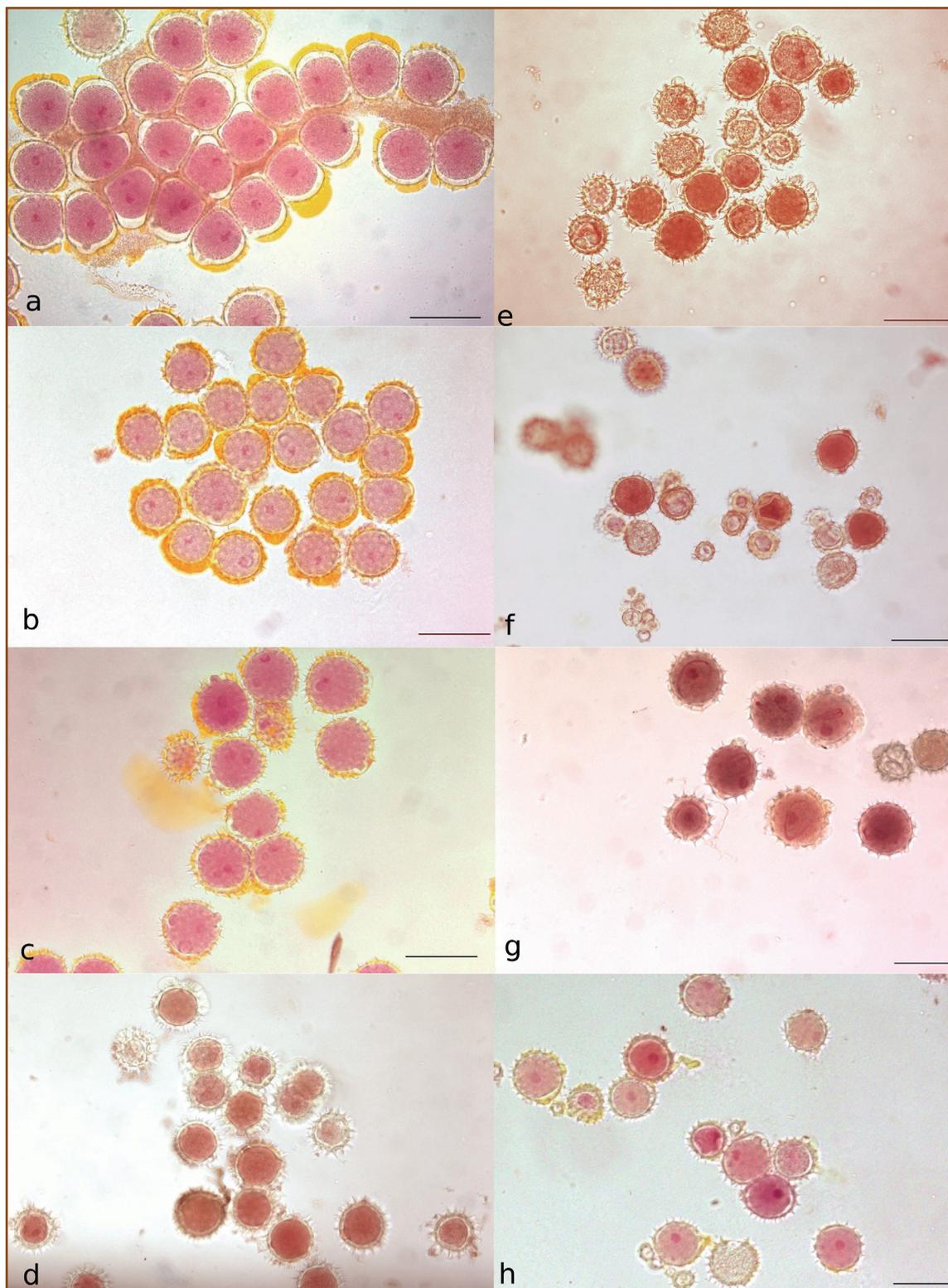
с размером около 24–32 мкм, микропыльца с размером менее 12 мкм и макропыльцевые зерна с размером более 36 мкм (рис. 2h, 3h). Наличие микро- и макропыльцевых зерен может служить индикатором нарушений в процессе мейоза при микроспорогенезе.

**Таблица. Среднее количество фертильных пыльцевых зерен у исследованных образцов подсолнечника (*Helianthus* spp.)**

**Table. Mean quantity of fertile pollen grains in the studied sunflower (*Helianthus* spp.) accessions**

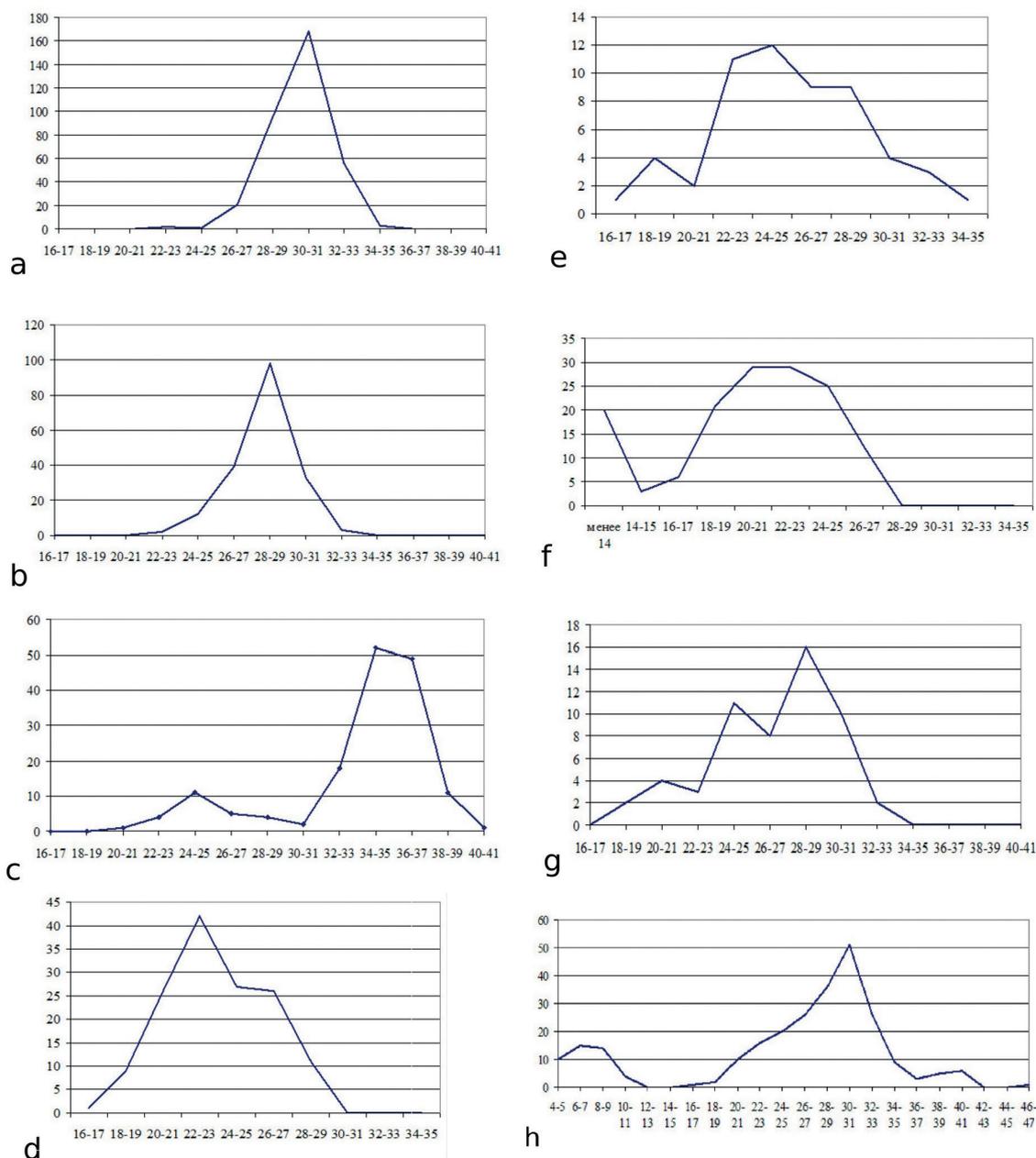
Название	Фертильность пыльцы, отмеченная в разных условиях (мин – макс, в % к общему количеству)	Название	Фертильность пыльцы, отмеченная в разных условиях (мин – макс, в % к общему количеству)
<i>H. ciliaris</i> и-632089	83,07 – 99,14	ВИР 365, к-3326, д. 1107, КОС-2012	94,40 – 96,19
<i>H. angustifolius</i> и-632092	46,18 – 75,07	ВИР 210, к-3292, д. 1113, КОС-2012	76,86 – 86,71
<i>H. floridanus</i> и-632093	70,14 – 72,78	ВИР 364, к-3480, д. 116, КОС-2012	94,14 – 96,44
<i>H. decapetalus</i> и-545682	39,25 – 94,12	ВИР 760, к-3816, д. 1233, КОС-2012	0**; 70,44 – 92,43
<i>H. divaricatus</i> и-545674	50,88 – 92,80	ВИР 760, к-3816, д. 1237, КОС-2012	33,68 – 94,47
<i>H. eggerti</i> и-632102	85,80 – 86,10	ВИР 249, к-3462, д. 1119, КОС-2012	96,61 – 98,71
<i>H. hirsutus</i> и-434331	73,50 – 99,20	ВИР 116 × RIL 130, д. 1470, КОС-2012	70,56
<i>H. mollis</i> и-530453	77,80 – 96,20	ВИР 116 × ВИР 211, д. 1473, КОС-2012	единичные пыльцевые зерна
<i>H. occidentalis</i> и-440675	60,80 – 99,00	ВИР 116 × ВИР 195, д. 1476, КОС-2012	36,05 – 94,68
<i>H. rigidus</i> и-545658	84,71 – 98,80	ВИР 116 × ВИР 743, д. 1477, КОС-2012	58,19 – 96,60
<i>H. lactiflorus</i> к-1886	82,80	ВИР 116 × ВИР 763, д. 1478, КОС-2012	94,64
<i>H. strumosus</i> и-440679	79,27 – 99,42	ВИР 116 × ВИР 365, д. 1479, КОС-2012	89,12 – 95,88
<i>H. californicus</i> и-632116	60,11 – 98,32	ВИР 116 × ВИР 366, д. 1480, КОС-2012	единичные пыльцевые зерна
<i>H. giganteus</i> к-2100	70,27 – 91,37	ВИР 116 × ВИР 210, д. 1481, КОС-2012	88,20 – 91,95
<i>H. grosseserratus</i> и-545698	74,53 – 98,20	ВИР 116 × ВИР 729, д. 1483, КОС-2012	71,17 – 85,26 -
<i>H. maximiliani</i> к-2099	42,99 – 99,27	ВИР 116 × ВИР 371, д. 1486, КОС-2012	единичные пыльцевые зерна
<i>H. nuttalli</i> и-632126	67,24 – 93,22	ВИР 116 × RIL80, д. 1475, КОС-2012	75,56 – 94,55
<i>H. salicifolius</i> и- 440074	85,99 – 94,10	ВИР 160, к-3220, д. 741, КОС-2012	84,05 – 86,65
<i>H. laevigatus</i> и-632132	84,79	ВИР 116 × ВИР 558, д. 1484, КОС-2012	97,54 – 99,49
<i>H. parishi</i> и-632137	71,29	ВИР 109 × ВИР 160, д. 1485, КОС-2012	66,67
<i>H. multiflorus</i> и-632141	90,80	RIL 130, к-3599, д. 1781, КОС-2011	94,48 – 95,93
<i>H. tomentosus</i> = <i>multiflorus</i> и-632151	15,98 – 42,9	ВИР 558, к-3504, д. 1782, КОС-2011	97,03 – 98,29
HA89 × <i>H. occidentalis</i> (д.112)	48,0 – 59,9	ВИР 387, к-3338, д. 1783, КОС-2011	51,42 – 57,97
ВИР 117 × <i>H. strumosus</i> (д.113)	51,32	ВИР 740, к-3528, д. 1786, КОС-2011	88,06 – 98,07
HA89 × <i>H. strumosus</i> (д.114)	2,00 – 9,81	RIL 80, к-3598, д. 1787, КОС-2011	95,38 – 98,01
HA89 × <i>H. strumosus</i> (д.115)	62,28	ВИР 900, к-3534, д. 1788, КОС-2011	75,62
ВИР 129 × <i>H. occidentalis</i> (д.116)	30,0 – 75,10	ВИР 195, к-3285, д. 1789, КОС-2011	14,74 – 90,65
<i>H. maximiliani</i> × ВИР151 (д.118)	99,00	ВИР 743, к-3530, д. 1791, КОС-2011	71,67 – 91,88
ВИР 129 × <i>H. maximiliani</i> F <sub>1</sub> д.533	97,00	ВИР 763, к-3664, д. 1792, КОС-2011	94,18 – 98,55
<i>H. annuus</i> 'Передовик' к-2051	96,95 – 98,57	ВИР 210, к-3292, д. 1796, КОС-2011	87,35 – 91,52
<i>H. annuus</i> 'Мастер' к-3553	96,33 – 99,34	ВИР 160, к-3220, д. 1797, КОС-2011	82,40 – 97,33
HA232 × <i>H. giganteus</i> (д. 905)	60,00	ВИР 729, к-3533, д. 1798а, КОС-2011	86,44 – 95,77
HA232 × <i>H. grosseserratus</i> (д. 907)	92,00	ВИР 364, к-3480, д. 1794, КОС-2011	96,99 – 97,45
ВИР 114 × <i>H. tomentosus</i> (д. 908)	94,00	ВИР 116А × ВИР 195 д. 4, Пушкин-2012	96,25 – 98,69
ВИР 114 × к-1039 × S21547	41,50	ВИР 116А × ВИР 365 д. 5, Пушкин-2012	93,71 – 95,63
ВИР 745, к-3524	83,90	ВИР 109А × ВИР 558 д. 10, Пушкин-2012	93,59
ВИР 740, к-3528, д. 1051, КОС-2012	97,00 – 98,00		
ВИР 366, к-3327, д. 1053, КОС-2012	0*; 90,72		
ВИР 558, к-3504, д. 1105, КОС 2012	95,51 – 97,14		

**Примечание:** \* в центре корзинок цветки практически стерильны, в пыльниках отмечались единичные пыльцевые зерна.  
\*\* одно растение из семи было стерильным



**Рис. 2.** Микрофотографии пыльцы: *a - c - Helianthus annuus L.*: *a* - сорт 'Передовик' (фертильность 99%); *b* - сорт 'Мастер' (99%); *c* - сорт 'Мастер' (87%); *d* - гибрид VIR 116 × RIL 130 (85%); *e* - гибрид VIR 116 × VIR 195 (44%); *f* - линия VIR 760 (66%); *g* - многолетний вид *H. tuberosus L.* (78%); *h* - многолетний вид *H. occidentalis Riddell* (60%). Масштабная линейка - 50 мкм

**Fig. 2.** Microphotographs of pollen: *a - c - Helianthus annuus L.*: *a* - cv. 'Peredovik' (fertility 99%); *b* - cv. 'Master' (99%); *c* - cv. 'Master' (87%); *d* - hybrid VIR 116 × RIL 130 (85%); *e* - hybrid VIR 116 × VIR 195 (44%); *f* - line VIR 760 (66%); *g* - perennial sp. *H. tuberosus L.* (78%); *h* - perennial sp. *H. occidentalis Riddell* (60%). Bar - 50 microns



**Рис. 3.** Вариационная кривая по диаметру пыльцевых зерен: *a* – *c* – *Helianthus annuus* L.: *a* – сорт ‘Передовик’ (средний диаметр пыльцы 30,5 мкм); *b* – сорт ‘Мастер’ (28,6 мкм); *c* – сорт ‘Мастер’ (34,2 мкм); *d* – гибрид ВИР 116 × RIL 130 (23,9 мкм); *e* – гибрид ВИР 116 × RIL 130 (25,9 мкм); *f* – линия ВИР 760 (20,6 мкм); *g* – многолетний вид *Helianthus tuberosus* L. (27,2 мкм); *h* – многолетний вид *H. occidentalis* Riddell (25,7 мкм)

**Fig. 3.** Variation curve according to the occurrence of pollen grains of different diameters: *a* – cv. ‘Peredovik’ (average pollen diameter 30.5 μm); *b* – cv. ‘Master’ (28.6 μm); *c* – cv. ‘Master’ (34.2 μm); *d* – hybrid VIR 116 × RIL 130 (23.9 μm); *e* – hybrid VIR 116 × VIR 195 (25.9 μm); *f* – line VIR 760 (20.59 μm); *g* – perennial sp. *H. tuberosus* L. (27.2 μm); *h* – perennial sp. *H. occidentalis* Riddell (25.7 μm)

Наши результаты позволяют предположить гибридное происхождение для образцов *H. floridanus*, *H. decapetalis*, *H. eggerti* и *H. tomentosus*, что для последнего было подтверждено ранее другими методами (Anisimova, 1984).

К третьей группе (полностью стерильные) были отнесены:

гибриды: ВИР 109 × ВИР 160; ВИР 116 × ВИР 211; ВИР 116 × ВИР 366; ВИР 116 × ВИР 371.

Показатели качества пыльцы могут служить для характеристики системы размножения исследуемого вида в целом.

Высокая жизнеспособность пыльцы у диких видов подсолнечника была отмечена многими авторами. Уменьшение жизнеспособности пыльцы описан у полиплоидных видов и у гибридов, например, у тетраплоидных и гексаплоидных видов (Georgieva-Todorova, 1990), у естественных гибридов (Chandler et al, 1986), у F<sub>1</sub> межвидовых гибридов (культурный подсолнечник × дикий вид) (Georgieva-Todorova, 1993) при реципрокных скрещиваниях (дикий вид × культурный подсолнечник) и при беккроссировании (Atlagić, 1996).

Следует отметить, что все многолетние виды размножаются еще и вегетативно. Качество пыльцы может рассматриваться как косвенный признак, указывающий на высокую вероятность апомиксиса у той или иной таксономической формы. В работах С. С. Хохлова с соавторами (Chochlov et al., 1978) указывается, что низкое качество пыльцы отмечается у растений, склонных к апомиксису, то есть у тех, для которых качество пыльцы уже не имеет значения, поскольку для воспроизводства опыление не обязательно. С другой стороны, ухудшение качества пыльцы может быть связано и с преимущественно вегетативным способом размножения.

Было выявлено, что степень дефектности пыльцы (СПД – отношение дефектных пыльцевых зерен к общему числу проанализированных пыльцевых зерен) более 11,7% указывает на возможность апомиксиса (Chochlov et al., 1978; Kupriyanov, 1989). Например, у пяти видов из рода *Chondrilla* L. СПД 60–90% встречалась у тех видов, у которых при цитозембриологическом исследовании женской генеративной сферы были обнаружены признаки апомиктического развития (Polyakova et al., 2015).

У апомиктических популяций некоторых злаков пыльца могла отличаться и по размеру – она легко визуально разделялась на три группы: крупная, средняя и мелкая, что могло быть следствием ее генетической неоднородности (Chechinskaya, Judakova, 2003).

Присутствие пыльцевых зерен разного диаметра, что проявляется в виде нескольких пиков на графиках вариационных кривых, позволяет косвенно предполагать наличие нарушений в мейозе при микроспорогенезе. А это, в свою очередь, случается при нестабильном геноме (у гибридов, полиплоидов) или же может быть ответом на неблагоприятные условия среды (слишком низкие или высокие температуры, загрязнение или воздействие химических реагентов).

Например, исследование пыльцы у  $F_1$  между *H. annuus* и *H. resinosus* Small выявило гетерогенность пыльцевых зерен по размеру, а на графиках распределения пыльцы по диаметру были обнаружены два четко различимых пика: в районе 19 и 24 мкм, что было связано с нарушениями в мейозе, которые приводят к формированию диплоидной пыльцы (Zanetti et al., 2014).

Корреляция размеров пыльцевых зерен с плоидностью отмечалась не только для подсолнечника, а для целого ряда видов растений. Для тюльпанов, например, этот признак предлагается даже использовать для экспресс-оценки плоидности образцов (Kutlunina et al., 2006).

Кроме разницы в размерах у фертильных (окрашенных) пыльцевых зерен отмечается значимая разница между диаметром стерильных и фертильных пыльцевых зерен как у подсолнечника, так и у других видов. Например, у *Mimulus guttatus* DC. эта разница составляет около 13 мкм, что позволяет использовать размер (диаметр) пыльцевого зерна для автоматического подсчета соотношения фертильных и стерильных пыльцевых зерен (Kelly et al., 2002).

Какое должно быть качество пыльцы, чтоб считать образец фертильным? Этот вопрос не имеет однозначного ответа.

Мы можем проанализировать морфологические признаки самой пыльцы (количество выполненных пыльцевых зерен нужного диаметра), но гораздо сложнее просчитать такой показатель, как «достаточность опыления» (“pollen limitation”), то есть сколько нужно жизнеспособной (фертильной) пыльцы, чтобы количество завязавшихся семян было максимальным для данного вида и в данных условиях. И на этот показатель оказывает влияние множество факторов, таких как удаленность растений друг от друга, наличие специфических опылителей, чувствительность опылителей – то, что является у перекрестноопыляемых растений оборотной стороной предотвращения самоопыления (Wilcock, 2009).

Тем не менее, при оценке фертильности растений для селекционных целей подходит использование предложенного метода, включающего подсчет количества и степени окрашиваемости пыльцевых зерен в пробе, измерение диаметра пыльцевых зерен и анализ их однородности по размеру, которая оценивается и наглядно представляется в виде вариационных кривых, построенных по признаку диаметра пыльцы.

### Заключение

Визуальной оценки для определения, фертильный или стерильный образец, недостаточно. Растение может иметь внешне нормальные пыльники, но низкое качество пыльцы.

Цитоморфологический анализ пыльцы важен для селекционной работы, поскольку данные о стадии развития, диаметре, степени окрашиваемости пыльцевых зерен позволяют дать более точную оценку фертильности образца, успеха опыления и завязываемости семян.

Сравнение разных методов определения фертильности (проращивание и окрашивание), методов фиксации и окраски проб пыльцы выявило, что в условиях полевой станции удобнее пользоваться ацетокарминовым методом окраски с предварительной фиксацией материала в растворе FAA.

Высокий уровень фертильности и низкая гетерогенность пыльцы были характерны для сортов, некоторых линий и ряда диких видов, которые по ее качеству сходны с культурными сортами.

Сниженная фертильность отмечалась у межлинейных и межвидовых гибридов, а также ряда диких видов.

Цитоморфологический анализ пыльцы у образцов из коллекции диких многолетних видов *Helianthus* L. Кубанской ОС ВИР позволяет рекомендовать для дальнейшего использования в селекционной работе образцы: *H. ciliaris*, *H. rigidus*, *H. strumosus* – они по качеству пыльцы сходны с культурными сортами ‘Передовик’, ‘Мастер’, ‘ВНИИМК 8883’ – и некоторые образцы *H. decapetalus*, *H. divaricatus*, *H. salicifolius*, *H. californicus*, *H. maximiliani* и *H. nutalli*, для которых отмечается небольшой разброс в размере пыльцевых зерен.

Наши результаты позволяют предположить гибридное происхождение видов *H. floridanus*, *H. decapetalus*, *H. eggerti* и *H. tomentosus*.

---

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН по теме АААА-А18-118051590112-8 «Полувариантность морфогенетических программ развития репродуктивных структур растений, естественные и искусственные модели их реализации», а также в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова № 0662-2019-0001 «Коллекция масличных и прядильных культур ВИР: Изучение и расширение генетического разнообразия».

---

## References/Литература

- Alexander M. P. (1969) Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Stain Technology*, vol. 44, no. 3, pp. 117–122. DOI: 10.3109/10520296909063335
- Anisimova I. N. (1984) On the genetic nature of *Helianthus tomentosus* Michx. (O geneticheskoj prirode *Helianthus tomentosus* Michx.). *Reports of the Academy of Agricultural Sciences (Doklady VASKhNIL)*, no. 5, pp. 22–23 [in Russian] (Анисимова И. Н. О генетической природе *Helianthus tomentosus* Michx. // Доклады ВАСХНИЛ. 1984, № 5. С. 22–23).
- Atlagić J. (1996) Cytogenetic studies in hexaploid *Helianthus* species and their F1 hybrids with cultivated sunflower, *H. annuus*. *Plant Breeding*, vol. 115, pp. 257–260. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1996.tb00913.x
- Atlagić J., Terzić S., Marjanović-Jeromela A. (2012) Staining and fluorescent microscopy methods for pollen viability determination in sunflower and other plant species. *Industrial Crops and Products*, vol. 35, no. 1, pp. 88–91. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.06.012
- Barykina R. P., Veselova T. D., Devyatov A. G., Dzhaililova H. H., Ilyina G. M., Chubatova N. V. (2004) Handbook of botanical microtechnology. Bases and methods (Spravochnik po botanicheskoj mikrotekhnike. Osnovy i metody). Moscow, 312 p. [in Russian] (Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятков А. Г., Джалилова Х. Х., Ильина Г. М., Чубатова Н. В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М., 2004, 312 с.).
- Chandler J. M., January C. C., Beard H. (1986) Chromosomal differentiation among the annual *Helianthus* spp. *Systematic Botany*, vol. 11, pp. 354–371. DOI: 10.2307/2419126
- Chechkinskaya N. A., Judakova O. I. (2003) A new approach to the use of the anthromorphological method for the diagnosis of apomixis in cereals (Novyy podkhod k ispolzovaniyu antmorfologicheskogo metoda dlya diagnostiki apomiksisa u zlakov). *Bull. Bot. Garden of Saratov State University (Byull. Bot. sada Saratovskogo GU)*, no. 2, pp. 180–187 [in Russian] (Шушкинская Н. А., Юдакова О. И. Новый подход к использованию антоморфологического метода для диагностики апомиксиса у злаков // Бюлл. Бот. сада Саратовского ГУ. 2003. Вып. 2. С. 180–187).
- Chochlov S. S., Zaitseva M. I., Kupriyanov P. G. (1978) Identification of apomictic plants in the flora of flowering plants of the USSR (Vyavleniye apomiktichnykh rasteniy vo flore tsvetkovykh rasteniy SSSR). Saratov, 224 p. [in Russian] (Хохлов С. С., Зайцева М. И., Куприянов П. Г. Выявление апомиктичных растений во флоре цветковых растений СССР. Саратов, 1978. 224 с.).
- Georgieva-Todorova J. (1990) Genetic and Cytogenetic Investigation of the Genus *Helianthus* L. (Genetichni i tsitogenetichni izsledvaniya na rod *Helianthus* L.). Sofia : Bulgarian Academy of Science (Izd-vo na Blgarska akademiya na naukite), 132 p. [in Bulgarian] (Георгиева-Тодорова Й. Генетични и цитогенетични изследвания на род *Helianthus* L., София : Изд-во на Българска академия на науките, 1990. 132 с.).
- Georgieva-Todorova J. (1993) Interspecific hybridization and its application in sunflower breeding. *Biotechnology and biotechnology equipment*, vol. 7, no. 4, pp. 153–157. DOI: 10.1080/13102818.1993.10818729
- Kelly J. K., Rasch A., Kalisz S. (2002) A method to estimate pollen viability from pollen size variation. *Amer. J. Bot.*, vol. 89, no. 6, pp. 1021–1023.
- Kutlunina N. A., Zhrebtsova M. I., Zymnitskaya S. A. (2006) Size and quality of pollen grains in *Tulipa* (Liliaceae) and *Saxifraga* (Saxifragaceae) of different ploidy level. *Botanical journal (Botan. zhurn.)*, vol. 91, no. 11, pp. 1695–1704 [in Russian] (Кутлунина Н. А., Жеребцова М. И. Зимницкая С. А. Размер и качество пыльцевых зерен видов *Tulipa* (Liliaceae) и *Saxifraga* (Saxifragaceae) разной пloidности // Ботан. журн., 2006, Т. 91, № 11. С. 1695–1704).
- Navashin M. S. (1936) Method of cytological research for breeding purposes (Metodika tsitologicheskogo issledovaniya dlya selektsionnykh tseley), Moscow; Leningrad, 86 p. [in Russian] (Навашин М. С. Методика цитологического исследования для селекционных целей. М.; Л., 1936. 86 с.).
- Orel L. V., Ogorodnikova V. F., Golubeva E. A., Efendieva K. G. (1978) Ultrastructure and ontogenesis of the tapetal film of anthers in some cultivated plants (Ultrastruktura i ontogenez tapetalnoy plenki pyl'nikov nekotorykh kulturnykh rasteniy). *Bulletin VIR (Byulleten VIR)*, iss. 83, p. 72 [in Russian] (Орел Л. И., Огородникова В. Ф., Голубева Е. А., Эфендиева К. Г. Ультраструктура и онтогенез тапетальной пленки пыльников некоторых культурных растений // Бюллетень ВИР, 1978. Вып. 83. С. 72.)
- Peterson R., Slovin J. P. (2010) A simplified method for differential staining of aborted and non-aborted pollen grains. *International Journal of Plant Biology*, vol. 1, no. 13, pp. 66–69.
- Piffanelli P., Ross J. H. E., Murphy D. J. (1998) Biogenesis and function of the lipidic structures of pollen grains. *Sex. Plant Reprod.*, vol. 11, pp. 65–80. DOI: 10.1007/s004970050122
- Pirev M. N. (1966) Histochemical study of anthers of fertile and sterile sunflower pollen forms. Biology of fertilization and heterosis of cultivated plants. (Gistokhimicheskoye issledovaniye pyl'nikov fertilykh i sterilykh po pyltse form podsolnechnika. Biologiya oplodotvoreniya i heterozis kulturnykh rasteniy). Iss. 4. Kishinev, pp. 98–113 [in Russian] (Пирев М. Н. Гистохимическое исследование пыльников фертильных и стерильных по пыльце форм подсолнечника. Биология оплодотворения и гетерозис культурных растений. Вып. 4. Кишинев, 1966. С. 98–113).
- Polyakova Yu. A., Ugolnikova E. V., Kashin A. S., Popova A. O. (2015) The quality of pollen and cytoembryological signs of gametophytic apomixis in the populations of *Chondrilla* L. species in the Lower Volga region (Kachestvo pyl'tse i tsitoembriologicheskoye priznaki gametofitnogo apomiksisa v populyatsiyakh vidov *Chondrilla* L. Nizhnego Povolzhya). *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University (Byulleten Botanicheskogo sada Saratovskogo gosuniversiteta)*, iss. 13, pp. 161–170 [in Russian] (Полякова Ю. А., Угольникова Е. В., Кашин А. С., Попова А. О. Качество пыльцы и цитоембриологические признаки гаметофитного апомиксиса в популяциях видов *Chondrilla* L. Нижнего Поволжья // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2015. Вып. 13. С. 161–170).
- Simonenko V. K., Karpovich E. V. (1978) Cytological manifestation of various types of male sterility in sunflower (Tsitologicheskoye proyavleniye razlichnykh tipov muzhskoy sterilnosti u podsolnechnika) In: *Scientific and technical bulletin of the All-Union Breeding and Genetics Institute (Nauchno-tekhnicheskii byulleten Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta)*, iss. 31, pp. 32–38 [in Russian] (Симоненко В. К., Карпович Е. В. Цитологическое проявление различных типов мужской стерильности у подсолнечника // Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. 1978. Вып. 31. С. 32–38).
- Voronova O. N., Tolstaja T. T., Rozhkova V. T., Gavrilova V. A. (2011) Determination of pollen fertility in a number of wild perennial sunflower species and samples from the collection growing at the Kuban Station of VIR. *Bulletin on applied botany, of genetics and plant breeding*, vol. 167, pp. 14–158 [in Russian] (Воронова О. Н., Толстая Т. Т., Рожкова В. Т., Гаврилова В. А. Определение фертильности пыльцы у ряда диких многолетних видов и образцов подсолнечника из коллекции, произрастающей на Кубанской станции ВИР // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2011. Т. 167. С. 145–158).

Wilcock C. C. (2009) Pollination failure in natural populations: implications for the conservation of rare plants. *Embryology of Flowering Plants. Terminology and Concepts*, vol. 3. (Reproductive Systems) / Ed. Batygina T. B., Enfield, pp. 126–136.

Zanetti J. M., Greizerstein E., Camadro E., Poverene M., Echeverria M., Poggio L., Carrera A. (2014) Genomic relationship between hexaploid *Helianthus resinosus* and diploid *Helianthus annuus* (Asteraceae). *Plant Syst. Evol.*, vol. 300, pp. 1071–1078.

**Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities**

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Для цитирования/How to cite this article**

Воронова О. Н., Гаврилова В. А. Количественный и качественный анализ пыльцы подсолнечника (*Helianthus L.*) и его использование в селекционной работе. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 95-104. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-95-104

Voronova O. N., Gavrilova V. A. Quantitative and qualitative analysis of sunflower pollen (*Helianthus L.*) and its use in breeding work. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019; 180(1): 95-104. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-95-104

**Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript**

**Благодарности/Acknowledgements**

Авторы признательны д. б. н. В. Т. Рожковой, к. б. н. Т. Т. Толстой и всем сотрудникам Интродукционно-карантинного питомника КОС ВИР за помощь в получении материала для исследований.

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

**Дополнительная информация/Additional information**

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-95-104>

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

**Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest**

# МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТЬЕВ И ПЛОДОВ MALOIDEAE (ROSACEAE): а.МИКРОСТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНЫХ ТКАНЕЙ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-105-112

УДК 581.82:581.47:582.734.3

Поступление/Received: 19.11.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

Т. Х. КУМАХОВА<sup>1</sup>, А. С. ВОРОНКОВ<sup>2</sup>, А. В. БАБОША<sup>3</sup>, А. С. РЯБЧЕНКО<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 127550 Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; ✉ tkumachova@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт физиологии растений имени К. А. Тимирязева РАН, 127276 Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 35; ✉ voronkov\_as@mail.ru

<sup>3</sup> Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина РАН, 127276 Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; ✉ phimmunitet@yandex.ru

## MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF LEAVES AND FRUITS IN MALOIDEAE (ROSACEAE): а. MICROSTRUCTURE OF SURFACE TISSUES

Т. Х. КУМАХОВА<sup>1</sup>, А. С. ВОРОНКОВ<sup>2</sup>, А. В. БАБОША<sup>3</sup>, А. С. РЯБЧЕНКО<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya St., Moscow 127550, Russia; ✉ tkumachova@yandex.ru

<sup>2</sup> Timiryazev Institute of Plant Physiology, 35 Botanicheskaya St., Moscow 127276, Russia; ✉ voronkov\_as@mail.ru

<sup>3</sup> N. V. Tsitsin Main Botanical Garden, 4 Botanicheskaya St., Moscow 127276, Russia; ✉ phimmunitet@yandex.ru

**Актуальность.** Эпидерма – система разнообразных по структуре и функциям клеток (основные, устьичные, трихомы), составляющих первичную покровную ткань. Особенности тонкого строения эпидермы представителей п/сем. Maloideae Werber (Rosaceae Juss.) важны для понимания освоения ими разнообразных мест обитания, в частности горных биоагрозенозов с довольно суровыми, зачастую стрессовыми условиями. **Объект.** Модельными объектами для исследования были представители четырех родов п/сем. Maloideae – *Malus domestica* Borkh., *Pyrus communis* L., *Cydonia oblonga* Mill., *Mespilus germanica* L. **Материалы и методы.** Зрелые листья и плоды отбирали из средней части кроны трех модельных деревьев каждого вида. Образцы изучали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с замораживающей приставкой. **Результаты.** Установлено, что листья Maloideae гипостоматные, при этом абаксиальная (нижняя) эпидерма полифункциональная. К поверхностным структурам можно отнести образования кутикулярной природы: перистоматические кольца и валики, а также радиально простирающиеся складки, образующие специфический микрорельеф. Адаксиальная (верхняя) и абаксиальная поверхности различаются не только особенностями строения, но и спецификой организации микрорельефа. Видоспецифические признаки выявлены и в строении поверхностных тканей плодов изученных представителей. В отличие от плодов других исследованных представителей, у *M. germanica* нет сплошного кутикулярного покрова и восковых отложений; большая часть поверхности зрелого плода покрыта перидермой с отшелушивающимся пробковым слоем. При исследовании поверхности плодов *C. oblonga* обнаружены аналогичные листовым многочисленными крупными устьица с перистоматическими кольцами и валиками кутикулярной природы. **Заключение.** Поверхностные структуры листьев и плодов Maloideae включают образования кутикулярной природы, имеющие разную специфику формирования микрорельефа, обусловленную функциональной нагрузкой эпидермальной ткани и условиями внешней среды. Они также могут участвовать в формировании устойчивости к биотическим стрессорам. Полученные данные об особенностях тонкого строения поверхностных тканей представляют интерес для прикладных и теоретических исследований, прежде всего экологических и ботанических, касающихся таксономических вопросов.

**Ключевые слова:** айва, груша, мушмула, яблоня, эпидерма, гиподерма

**Background.** The formation of cover tissues (epidermis, cork), providing a connection with the environment, in the evolution of flowering plants was one of the main consequences of the transition to life on earth. The epidermis, which emerged as a device for protecting deeper underlying tissues from drying, subsequently acquired additional functions (participation in gas exchange and transpiration, absorption and isolation of certain substances as well as protection from the penetration of pathogens) and became a multifunctional tissue consisting of several types of cells (basic, stomatal, and trichomes). Features of the fine structure of the epidermis are of interest in representatives of the subfamily Maloideae Werber (Rosaceae Juss.), which grow, *inter alia* in mountain agrobiocenoses with their rather harsh conditions. They extended their area of distribution to various habitats due to the development of structural adaptations that play an important role in the formation of resistance to stressors of different etiologies. **Objective.** Representatives of 4 genera were chosen as model objects from subfam. Maloideae for the study: *Malus domestica* Borkh., *Pyrus communis* L., *Cydonia oblonga* Mill., and *Mespilus germanica* L. **Materials and methods.** Mature leaves and fruits were selected from the middle part of the crown of three model trees of each species. The samples were studied by scanning electron microscopy (SEM), with a freezing attachment. **Results.** Leaves of Maloideae were found to be hypostomatic, while the abaxial (lower) epidermis is multifunctional: it performs a barrier function together with the cuticle. Formation of the cuticular nature can be attributed to the surface structures: peristomatic rings and ridges as well as radially extending folds, all forming a specific microrelief. The adaxial (upper) and abaxial surfaces clearly differ not only in the features of the structure, but also in the specificity of the microrelief's arrangement. Species-specific traits were also found in the structure of the surface tissue of the pericarp. *M. germanica*, unlike the other species, does not have a continuous cuticular cover and wax deposits: most of a mature fruit's surface is covered with a peeling cork layer. In the study of the surface of *C. oblonga* fruits, numerous rather large stomata with peristomatic rings and cuticular cushions were found similar to those in leaves. **Conclusion.** Surface structures of leaves and fruits in subfam. Maloideae include formations of cuticular nature, with different specificities of microrelief shaping due to the functional load of the epidermal tissue and environmental conditions. They can also be involved in building resistance to biotic stressors. The obtained data on the features of the fine structure of surface tissues are of interest for applied and theoretical studies, especially environmental and botanical, relating to taxonomic issues.

**Key words:** quince, pear, medlar, apple-tree, epidermis, hypoderm

## Введение

В состав подсемейства Яблоневые (Maloideae Werber, syn. Pomoideae Focke; Rosaceae Juss.) входят ценные плодовые растения: груша (*Pyrus* L.), яблоня (*Malus* Mill.), айва (*Cydonia* Mill.), мушмула (*Mespilus* L.) и другие, широко распространенные во многих эколого-географических зонах северного полушария (Kamelin, 2006), которые являются основой садоводства в умеренной зоне и субтропиках.

Особенностью Maloideae являются плоды, называемые яблоками – сборные листовки или костяноковидные карпеллы, обросшие видоизмененным гипантием. Большая (сочная) часть околоплодника яблока образована за счет суккулентизации тканей гипантия (Levina, 1987; Kumachova, 2003; Kamelin, 2006).

По практической значимости среди Maloideae ведущее место занимают яблоня и груша. Их плоды обладают высокими вкусовыми и технологическими качествами, богаты витаминами, органическими кислотами, микроэлементами и другими веществами. Наряду с высокими витаминными качествами их плоды обладают хорошими антиоксидантными свойствами. По своим полезным качествам в последние годы к перспективным представителям подсемейства относят айву и мушмулу, особенно для южных регионов России (Baskakova, 2017). Между тем, до настоящего времени мало внимания уделялось исследованию поверхности листьев и плодов этих растений, особенностей их строения в различных условиях среды. При этом развитие плодовых культур в различных климатических условиях давно привлекало внимание многих исследователей (Atsii, 1959; Kashtanov et al., 1994; Kolomeychenko et al., 2000).

В связи с вышеизложенным, целью данной работы было изучение микроструктурных особенностей поверхностных тканей листьев и плодов представителей четырех родов Maloideae (*Malus*, *Pyrus*, *Cydonia*, *Mespilus*), произрастающих в горных биоагроценозах Северного Кавказа.

## Материалы и методы

Для исследования микроструктуры поверхности в качестве модельных объектов были выбраны листья и плоды *Malus domestica* Borkh. (сорта 'Ренет Симиренко', 'Мелба'), *Pyrus communis* L. (сорта 'Нарт', 'Кабардинка'), *Cydonia oblonga* Mill., а также дикорастущей *Mespilus germanica* L., произрастающие в центральной части предгорий Северного Кавказа, в частности в Кабардино-Балкарии.

Образцы (зрелые листья и плоды на стадии съёмной зрелости) были собраны в трехкратной повторности из средней части кроны трех модельных деревьев в опытных и коллекционных посадках Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного садоводства (г. Нальчик, Затишьянский опытный полигон ФГБНУ СевКавНИИГиПС), а также в степной, предгорной и горной зонах (*C. oblonga* – в частных посадках; *M. germanica* – Баксанское и Черекское ущелье).

В Кабардино-Балкарии горы занимают 51% от всей территории республики. В связи с четко выраженной вертикальной поясностью, горные экосистемы существенно отличаются от равнинных. Поэтому территория республики, как и всего Северного Кавказа, по почвенно-климатическим условиям подразделяется на три экологические зоны: степную (равнинную), предгорную и горную, которые характеризуются большим разнообразием климата (от континентального жаркого на равнине до холодного в горах) (Shidakov, 1961).

Степная (равнинная) зона расположена на высоте 200–450 м н. у. м. Климат в этой зоне жаркий, засушливый, с

неустойчивым увлажнением. Часто наблюдаются длительные суховеи (за вегетационный период – 70 дней). Среднесуточная температура в июле – 24,6°C, максимальная в отдельные годы может доходить до 42,0°C. Почва под плодовыми насаждениями представлена в основном мощными слабо выщелоченными и карбонатными черноземами; она весьма благоприятна для культивирования яблоневых.

Предгорная экологическая зона расположена на высоте 450–550 м н. у. м. Зона умеренно жаркая, однако отмечаются суховеи (35–40 дней за вегетационный период). Среднесуточная температура в июле – 21,9°C, максимальная в отдельные годы может доходить до 39,0°C. В этой зоне расположены основные массивы яблоневых насаждений, поскольку хорошее увлажнение и достаточное количество тепла благоприятствуют возделыванию лучших сортов зарубежной и отечественной селекции. При этом большинство сортов высокопродуктивные, их плоды с хорошими товарными и потребительскими качествами.

Горная экологическая зона, подразделяется на две подзоны: лесогорную (550–800 м н. у. м.) и горностепную (900–1800 м н. у. м.). Лесогорная подзона в основном теплая, степень увлажнения высокая. Наблюдаются кратковременные (10–15 дней) суховеи. Горностепная – умеренно прохладная (среднесуточная температура воздуха в июле – 15,6°C), характеризуется большим количеством ясных солнечных дней и высокой инсоляцией. Отмечаются кратковременные суховеи (около 8 дней).

Зрелые листья собирали 01.06 – 15.06, плоды – на стадии съёмной зрелости: 30.06 – 15.07 – раннеспелые сорта и 28.09 – 25.10 – позднеспелые.

Микроструктуру поверхности листьев и плодов изучали с использованием сканирующей электронной микроскопии на замороженных образцах (криоСЭМ). Фрагменты свежесобранного листа (1 см<sup>2</sup>) вырезали из средней части между главной жилкой и краем пластинки, а фрагменты свежесобранных плодов – в области экватора плода на одинаковом расстоянии от долей чашечки и плодоножки. Образцы помещали на столик и просматривали в режиме высокого вакуума при –30°C с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO – 1430 VP (Carl Zeiss), оборудованного замораживающей приставкой Deben CoolStage. Микрографии обрабатывали в программе CorelDRAW X6.

## Результаты и обсуждение

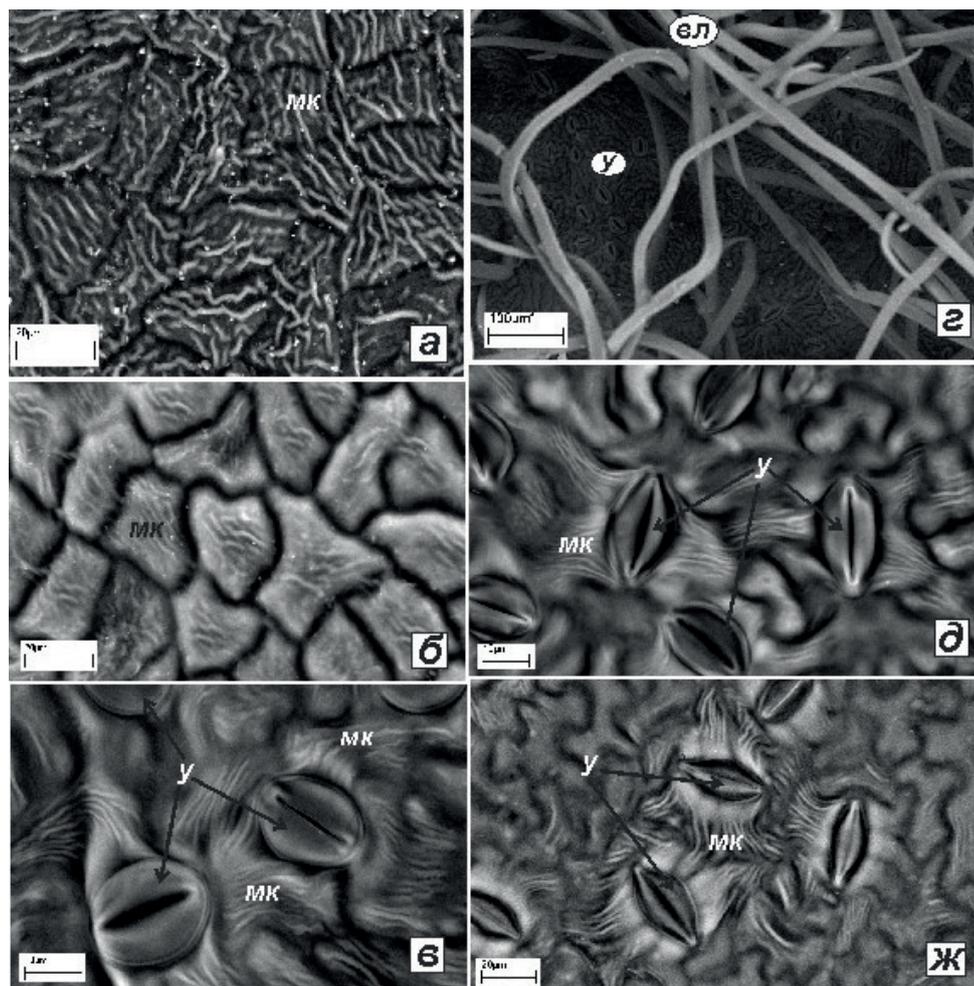
Микроструктура поверхности листьев. Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) удалось установить, что листья всех изученных представителей Maloideae (*M. domestica*, *P. communis*, *C. oblonga* и *M. germanica*) гипостоматные, многочисленные устьица расположены на нижней (абаксиальной) стороне поверхности пластинки (рис. 1, в–ж, к, м, н). Устьица – обычного строения, которое характерно для большинства цветковых растений. Покровная ткань представлена эпидермой. На верхней (адаксиальной) стороне пластинки эпидерма монофункциональная, она составлена только из однотипных покровных клеток (рис. 1, а, б, з, и, л). Нижняя эпидерма полифункциональная, она представлена несколькими типами клеток: собственно покровными, устьичными клетками и клетками образующими волоски или трихомы (рис. 1, в–ж, к, м, н). Следовательно, абаксиальная эпидерма наряду с защитной функцией внутренних тканей осуществляет газообмен и транспирацию, а также участвует в выделении некоторых веществ.

Для поверхности эпидермы, как верхней, так и нижней, характерен складчатый микрорельеф кутикулярной природы (рис. 1, а–н). На адаксиальной стороне кутикулярные

складки у представителей *Malus* (сорт 'Ренет Симиренко'), *Cydonia* и *Mespilus* очень мощные, извилистые, располагаются густыми параллельными рядами (микротряжами), простирающимися по всей длине эпидермы, либо переплетаются между собой над поверхностью эпидермы, образуя слегка приподнятые сетчатые структуры (рис. 1, а, и, л). Длина складок и их высота неодинаковы: имеются более мелкие и крупные, более короткие и длинные. В большинстве случаев длина кутикулярных тяжей на поверхности всех изученных листьев практически соответствует размеру самой эпидермальной клетки, и между складками имеются более плоские узкие нерельефные участки. У со-

ртов 'Мелба' (*Malus*), 'Нарт' и 'Кабардинка' (*Pyrus*) складки на адаксиальной поверхности пластинки выражены довольно слабо.

Кутикулярные образования на абаксиальной поверхности пластинки сильнее выражены в области устьиц и оснований трихом, при этом складки имеют видоспецифический характер. Например, на листьях *C. oblonga* и *M. germanica* складки в области устьиц имеют вид хорошо выраженных перистоматических колец, опоясывающих замыкающие клетки (рис. 1, к, н). На листьях представителей *M. domestica* (сортов 'Ренет Симиренко' и 'Мелба') кутикулярные складки в основном располагаются параллель-



**Рис. 1.** Фрагменты поверхности листьев Maloideae в СЭМ: а-д – *Malus domestica* Borkh.

(а, б – кутикулярная складчатость на адаксиальной эпидерме сортов 'Ренет Симиренко' и 'Мелба'; в-д – абаксиальная эпидерма с устьицами и микротряжами сортов 'Ренет Симиренко' и 'Мелба'; з – многочисленные волоски и устьица на абаксиальной стороне пластинки сорта 'Мелба'); ж, з – *Pyrus communis* L. (ж – абаксиальная сторона пластинки с устьицами, з – адаксиальная); и, к – *Cydonia oblonga* Mill. (и – кутикулярная складчатость на адаксиальной стороне пластинки; к – устьица с перистоматическими кольцами); л-н – *Mespilus germanica* L. (л – кутикулярная складчатость на адаксиальной стороне пластинки; н – абаксиальная сторона пластинки, многочисленные устьица и волоски; н – абаксиальная сторона пластинки, устьица с перистоматическими кольцами и микротряжами).

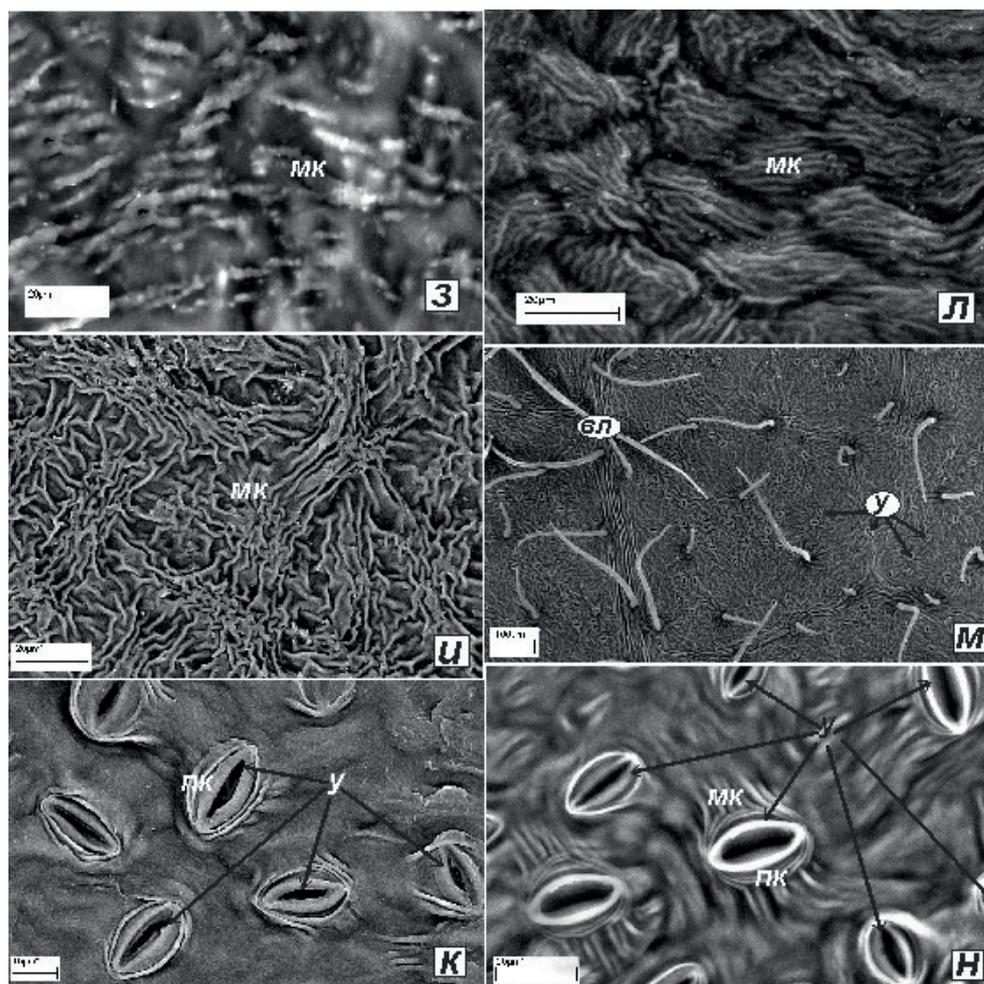
Обозначения: вл – волоски, мк – микротряжи, пк – перистоматические кольца; у – устьица

**Fig. 1.** Fragments of the surface of leaves from Maloideae under SEM: а-д – *Malus domestica* Borkh.

(а, б – cuticular folds on the adaxial epidermis, cvs. 'Renet Simirenko' and 'Melba'; в-д – abaxial epidermis with stomata and microstrands, cvs. 'Renet Simirenko' and 'Melba'; з – numerous hairs and stomata on the abaxial side of the lamina, cv. 'Melba'); ж, з – *Pyrus communis* L. (ж – abaxial side of the lamina with stomata; з – adaxial side); и, к – *Cydonia oblonga* Mill. (и – cuticular folds on the adaxial side of the lamina; к – stomata with peristomatic rings); л-н – *Mespilus germanica* L. (л – cuticular folds on the adaxial side of the lamina; н – abaxial side of the lamina, numerous stomata and hairs; н – abaxial side of the lamina, stomata with peristomatic rings and microstrands).

Keys: вл – hairs, мк – microstrands, пк – peristomatic rings, у – stomata

продолжение рис. 1.



**Рис. 1.** Фрагменты поверхности листьев Maloideae в СЭМ: а-д – *Malus domestica* Borkh.

(а, б – кутикулярная складчатость на адаксиальной эпидерме сортов ‘Ренет Симиренко’ и ‘Мелба’; в-д – абаксиальная эпидерма с устьицами и микротяжами сортов ‘Ренет Симиренко’ и ‘Мелба’; з – многочисленные волоски и устьица на абаксиальной стороне пластинки сорта ‘Мелба’); ж, з – *Pyrus communis* L. (ж – абаксиальная сторона пластинки с устьицами, з – адаксиальная); у, к – *Cydonia oblonga* Mill. (у – кутикулярная складчатость на адаксиальной стороне пластинки; к – устьица с перистоматическими кольцами); л-н – *Mespilus germanica* L. (л – кутикулярная складчатость на адаксиальной стороне пластинки; м – абаксиальная сторона пластинки, многочисленные устьица и волоски; н – абаксиальная сторона пластинки, устьица с перистоматическими кольцами и микротяжами).  
Обозначения: вл – волоски, МК – микротяжи, ПК – перистоматические кольца, у – устьица

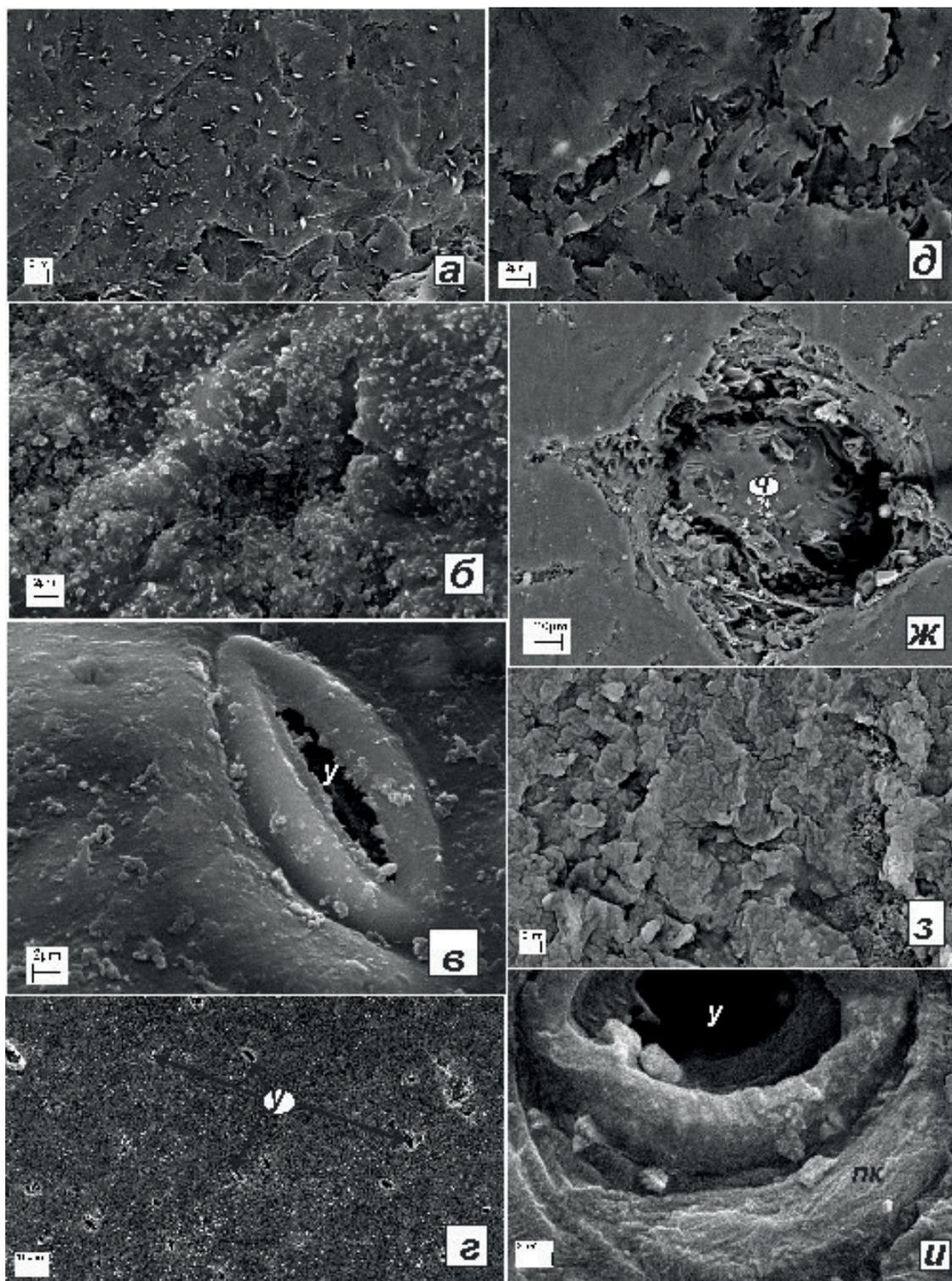
**Fig. 1.** Fragments of the surface of leaves from Maloideae under SEM: а-д – *Malus domestica* Borkh.

(а, б – cuticular folds on the adaxial epidermis, cvs. ‘Renet Simirenko’ and ‘Melba’; в-д – abaxial epidermis with stomata and microstrands, cvs. ‘Renet Simirenko’ and ‘Melba’; з – numerous hairs and stomata on the abaxial side of the lamina, cv. ‘Melba’); ж, з – *Pyrus communis* L. (ж – abaxial side of the lamina with stomata; з – adaxial side); у, к – *Cydonia oblonga* Mill. (у – cuticular folds on the adaxial side of the lamina; к – stomata with peristomatic rings); л-н – *Mespilus germanica* L. (л – cuticular folds on the adaxial side of the lamina; м – abaxial side of the lamina, numerous stomata and hairs; н – abaxial side of the lamina, stomata with peristomatic rings and microstrands).  
Keys: вл – hairs, МК – microstrands, ПК – peristomatic rings, у – stomata

ными рядами в виде отдельных пучков (2–6 и более) по всей поверхности эпидермы или поверх границы нескольких клеток, соединяя их в единую структурно-функциональную систему, и они довольно длинные (рис. 1, в, д). У обоих представителей *P. communis* складчатость на абаксиальной эпидерме также хорошо выражена, но микротяжи короткие и толстые (рис. 1, ж).

Формирование специфического микрорельефа на поверхности эпидермы листьев цветковых растений описано в ряде работ (Kochetov, Kochetova, 1982; Ganeva, Uzunova, 2010; Pautov, 2011, Pautov et al., 2014; Stace, 1965, 1984; Dilcher, 1974; Wu Nan, 1985). По мнению некоторых авторов, кути-

кулярные складки в области устьиц способствуют регуляции устьичных движений, препятствуя гидропассивному открыванию замыкающих клеток (Pautov, 2011, Pautov et al., 2014). Устьичным кутикулярным образованиям, формирующим единую структурно-функциональную систему, авторы также приписывают механическую роль при изменениях апертуры устьичных клеток. Согласно другим данным, кутикула растений способна неограниченно расти вместе с растущей эпидермой; зачастую эта скорость значительно опережает таковую эпидермы, что создает складки на поверхности клеток (Strasburger et al., 2007). Кутикулярная складчатость, по их мнению, уменьшает смачиваемость,



**Рис. 2.** Фрагменты поверхности плодов Maloideae в СЭМ: а-в – *Malus domestica* Borkh.

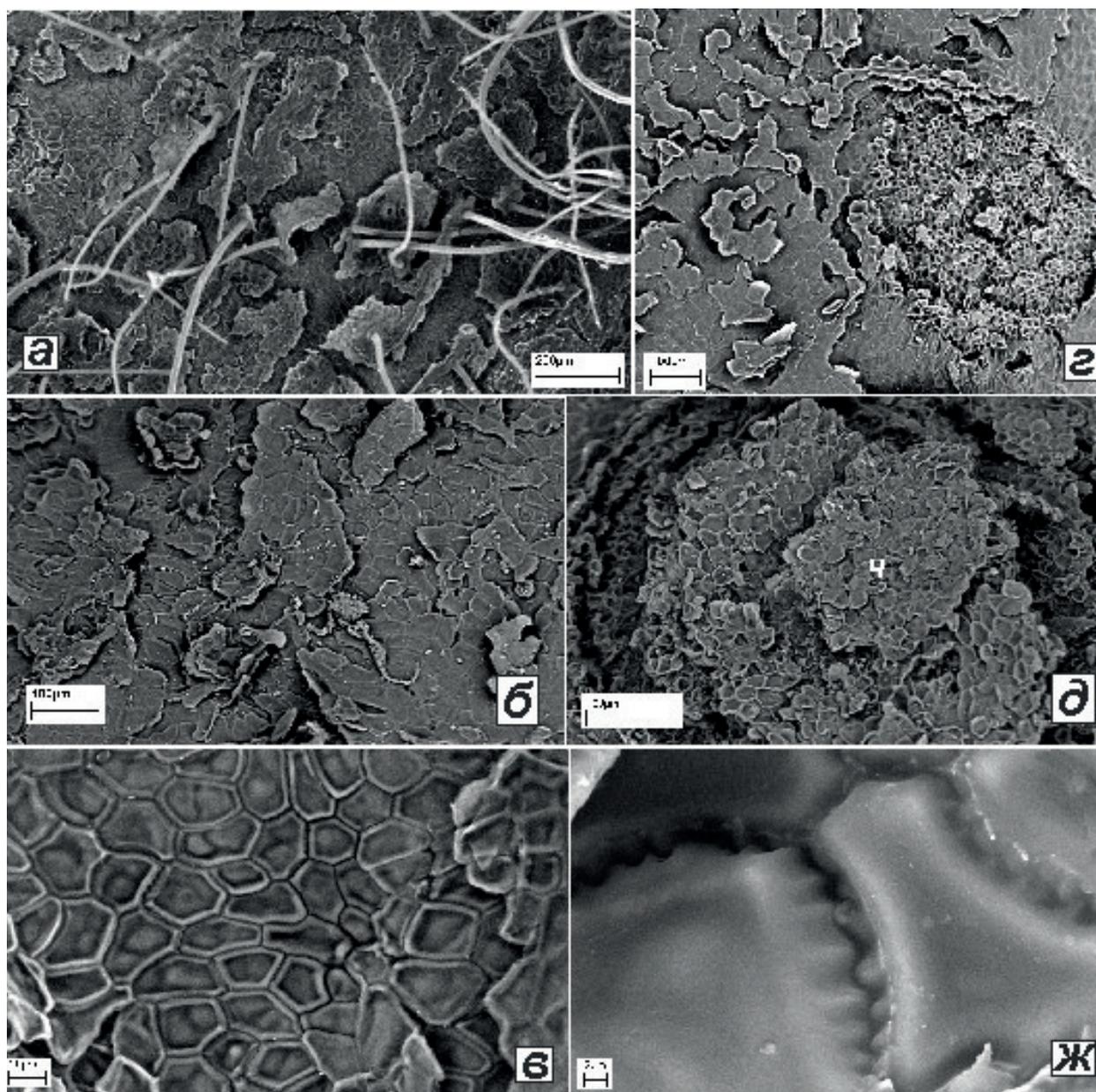
(а, б, в – общий вид с восковыми и кутикулярными отложениями и устьице на поверхности плодов сортов ‘Ренет Симиренко’ и ‘Мелба’); д, жс – *Pyrus communis* L. (д – общий вид; жс – чечевичка на поверхности плода); з, з, u – *Cydonia oblonga* Mill. (з – общий вид; з – многочисленные устьица на поверхности плода; u – устьице с перистоматическим кольцом в увеличенном виде).

Обозначения: nk – перистоматические кольца, y – устьица, ч – чечевичка

**Fig. 2.** Fragments of the surface of fruits from Maloideae under SEM: а-в – *Malus domestica* Borkh.

(а, б, в – general appearance with waxy and cuticular deposits and a stoma on the fruit surface, cvs. ‘Renet Simirenko’ and ‘Melba’); д, жс – *Pyrus communis* L. (д – general appearance; жс – a lenticel on the fruit surface); з, з, u – *Cydonia oblonga* Mill. (з – general appearance; з – numerous stomata on the fruit surface; u – a stoma with a peristomatic ring, magnified).

Keys: nk – peristomatic rings, y – stomata, ч – lenticel



**Рис. 3.** Поверхность плода *Mespilus germanica* L. в СЭМ: а, б – фрагменты отслаивающейся поверхностной ткани и волосков; г, д – чечевички; в, ж – увеличенный фрагмент ткани после сдувания самых поверхностных клеток. Обозначения: ч – чечевичка

**Fig. 3.** Surface of the fruit of *Mespilus germanica* L. under SEM: а, б – fragments of flaking surface tissue and hairs; г, д – lenticels; в, ж – magnified fragment after dehulling the upmost surface cells.

Keys: ч – lenticel

то есть вследствие высокого поверхностного натяжения водяные капли могут касаться только внешних кромок кутикулярных гребней и легко скатываются с эпидермы.

Таким образом, в результате проведенного СЭМ-скрининга поверхности листьев можно заключить, что для яблоневых (Maloideae) характерны гипостоматные листья со специфической кутикулярной складчатостью, определяющей разнообразие микроморфологии поверхности листьев.

*Ультраскульптура поверхности плодов.* С помощью СЭМ также проанализирована ультраскульптура поверхности плодов *Malus*, *Pyrus*, *Mespilus* и *Cydonia* (рис. 2, 3). При исследовании поверхности плодов яблони сортов 'Ренет Симиренко' и 'Мелба', которые различаются временем созревания (позднеспелый и раннеспелый, соответственно),

нами обнаружены некоторые различия в деталях строения мощности кутикулярного и воскового покрова. Специфика ультраскульптурной организации поверхности плодов разных сортов яблони *M. domestica*, в том числе сортов 'Мелба' и 'Ренет Симиренко', была описана подробно в более ранних наших работах (Kumachova, Melikyan, 1989; Kumachova, 2003). Установлено, что сорта яблони различаются спецификой отложения эпикутикулярного воска и толщиной кутикулы. Показано, что увеличение продолжительности периода созревания плодов приводит к увеличению толщины кутикулы.

У раннеспелых сортов кутикула тонкая ( $10,1 \pm 0,3$  мкм) и более рыхлая, в ней слабо выражена внутренняя зона. У позднеспелых сортов кутикула значительно толще ( $18,2 - 21,4 \pm 0,4$  мкм), структура более сложная, в ней четко выра-

жены внутренняя и наружная зоны. При этом независимо от срока созревания плодов наружная тангенциальная стенка клеток эпидермы значительно толще, чем внутренняя, и она имеет более сложное строение, специфичное для каждого сорта. Более мощные восковые отложения отмечены на поверхности плодов позднеспелых сортов. В данной работе приведены электронные микрографии поверхности плодов этих сортов (рис. 2, а–в), в которых видно, что кутикулярные и восковые отложения у последних более мощные и плотные, чем у раннеспелого сорта 'Мелба'. Если на поверхности плода раннеспелого сорта 'Мелба' можно обнаружить устьица (рис. 2, в), то у позднеспелого сорта 'Ренет Смирненко' это затруднено, поскольку устьичные клетки сильно погружены и щели между ними забиты мощными наплывами кутикулы и воска (рис. 2, а). В СЭМ на поверхности плодов обеих сортов *P. communis* ('Нарт', 'Кабардинка') отмечается довольно плотная пластинчатая кутикула и многочисленные чечевички (рис. 2, б, ж). По нашим данным, для плодов *Malus* и *Pyrus* характерен мощный сплошной кутикулярный покров толщиной 13,7±2,7 и 11,5±1,6 мкм соответственно.

Поверхность плодов *C. oblonga* тоже покрыта мощным кутикулярным покровом в виде плотных пластинок (рис. 2, з), при этом он на 80% толще (22,6±4,0 мкм), чем у яблони и груши. Кроме того, на поверхности плода *C. oblonga* в СЭМ среди клеток эпидермы нами обнаружены многочисленные крупные устьица, аналогичные листовым (рис. 2, г, и), с перистоматическими кольцами и валиками кутикулярной природы, а также чечевички на разных стадиях развития (рис. 2, з). Длина и ширина устьичных клеток составляла 37,4±5,7 и 24,1±3,4 мкм соответственно, а площадь каждого устьица – 696,5±5,9 мкм<sup>2</sup>. Немногочисленные чечевички на поверхности плодов разных сортов яблони (*M. domestica*) обнаружены и описаны нами в более ранних работах (Kumachova, 2003; 2011), где было отмечено, что чечевички в СЭМ имеют вид слегка приподнятого массива, выступающего над поверхностью плода в виде «усеченного конуса», вершина которого в некоторых случаях представляет собой «жерло». На поперечном срезе чечевички имеют вид двояковыпуклой линзы, в этих участках наружная ткань разорвана, а под заполняющей тканью различимы феллоген и феллема. Излучение во флуоресцентном микроскопе диффузного синеватого света в области чечевичек, по мнению авторов, свидетельствует о химических изменениях в стенках клеток заполняющей ткани (Kumachova, 2011).

Поверхность зрелого плода *M. germanica* имеет видоспецифический характер; она лишена сплошного слоя кутикулы и восковых отложений, при этом большая часть

плода покрыта отшелушивающимися пробковыми клетками, а также многочисленными волосками (рис. 3, а, б). Как известно, образование сплошных суберинизированных поверхностных тканей, в частности пробки, характерно для осевых органов (стебель, корень). Можно полагать, что интенсивная суберинизация клеточных стенок покровных тканей и перманентно слущивающаяся поверхность плодов *M. germanica* является компенсаторной на отсутствие барьерных структур, в частности сплошного кутикулярного покрова и восковых отложений. Как нам представляется, в отличие от плодов *Malus*, *Pyrus* и *Cydonia*, у которых перидерма образуется только в области чечевичек, у *M. germanica* после формирования чечевички феллоген (пробковый камбий) закладывается по всей окружности плода, смыкаясь с феллогеном чечевички (рис. 3, а–д). Для более детального обсуждения продолжительности жизни первичной покровной ткани (эпидермы) и ее смены на пробковую, что отмечено у плодов *M. germanica* (рис. 3, в, ж), необходимо изучить развитие перикарпия, что и будет предметом последующих работ.

### Заключение

Как показало проведенное исследование, листья представителей Maloideae (*Malus*, *Pyrus*, *Cydonia*, *Mespilus*) гипостоматные, устьица расположены только на абаксиальной стороне пластинки. Адаксиальная и абаксиальная эпидермы отличаются по своему составу и функциям. Наряду с собственными покровными клетками в состав абаксиальной эпидермы входят устьичные клетки и клетки образующие трихомы. Поверхностные структуры листьев включают образования кутикулярной природы, имеющие разную специфику формирования микрорельефа, обусловленную прежде всего функциональной нагрузкой самой эпидермальной ткани, а также в какой-то степени условиями внешней среды.

Для плодов Maloideae характерны видоспецифические признаки – это, прежде всего, толстостенные, сильно кутинизированные (*M. domestica*, *P. communis*, *C. oblonga*) и суберинизированные (*M. germanica*) поверхностные ткани – эпидерма и пробка соответственно. Среди клеток эпидермы имеются устьица, чечевички и волоски (*M. domestica*, *P. communis*, *C. oblonga*). Устьиц и волосков значительно больше на поверхности плода *C. oblonga*, а чечевичек – у *P. communis* и *M. germanica*. По нашему мнению, микроморфологические особенности поверхности покровных тканей листьев и плодов могут обуславливать формирование устойчивости не только к абиотическим, но и биотическим стрессорам.

### References/Литература

- Atsii Dzh. (1959) Agricultural ecology (Selskokhozyaystvennaya ekologiya). Moscow: IL, 459 p. [in Russian] (Атси Дж. Сельскохозяйственная экология. М.: ИЛ. 1959. 459 с.).
- Baskakova V. L. (2017) Development of quince cultivars for industrial horticulture (Sozdaniye sortov ayvy dlya promyshlennogo sadovodstva). *Collect. of Scient. Works of the Main Bot. Garden. (Sbornik nauchnykh trudov GRBS)*, vol. 144(1), pp. 98–102 [in Russian] (Баскакова В. Л. Создание сортов айвы для промышленного садоводства // Сборник научных трудов ГРБС. 2017. Т. 144. Ч. 1. С. 98–108).
- Dilcher D. L. (1974) Approaches to the identification of angiosperm leaf remains, *Bot. Rev.*, vol. 40, no. 1, pp. 1–157.
- Ganeva T., Uzunova K. (2010) Comparative leaf epidermis study in species of genus *Malus* Mill. (Rosaceae). *Botanica Serbica*, vol. 34, pp. 45–49.

- Kamelin R. V. (2006) Rose family (Rosaceae) (Rozotsvetnyye (Rosaceae)). Barnaul: ASU, 100 p. [in Russian] (Камелин Р. В. Розоцветные (Rosaceae). Барнаул: АГУ, 2006. 100 с.).
- Kashtanov A. N., Lisetsky F. N., Shebs G. I. (1994) Fundamentals of landscaping and environmental agriculture (Osnovy landshaftno-ekologicheskogo zemledeliya). Moscow, 128 p. [in Russian] (Каштанов А. Н., Луцевский Ф. Н., Шевбс Г. И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. М., 1994. 128 с.).
- Kochetova N. I., Kochetov Ju. V. (1982) Adaptive properties of surfaces in plants (Adaptivnyye svoystva poverkhnosti rasteniy). Moscow, 176 p. [in Russian] (Кочетова Н. И., Кочетов Ю. В. Адаптивные свойства поверхности растений. М., 1982. 176 с.).
- Kolomeychenko V. V., Petelko A. I., Krupchatnikov A. I. (2000) Sustainable utilization of hillside lands (Ratsionalnoye ispolzovaniye sklonovykh zemel). Orel, pp. 228–251 [in Russian] (Коломейченко В. В., Петелько А. И., Крупчатников А. И.

- Рациональное использование склоновых земель. Орел. 2000. С. 228–251.
- Kumachova T. Kh. (2003) Some specific features in the fruit anatomy of *Malus domestica* (Rosaceae) depending on the altitude of cultivation in the mountains. *Botanical Journal (Botanicheskiy zhurnal)*, vol. 88, no. 6, pp. 75–84 [in Russian] (Кумахова Т. Х. Некоторые особенности анатомии плодов *Malus domestica* (Rosaceae) в зависимости от высоты культивирования в горах // Ботан. журн. 2003. Т. 88, № 6. С. 75–92).
- Kumachova T. Kh. (2011) Some specific features on histogenesis in the fruits of *Malus domestica* (Rosaceae) depending on the altitude of cultivation in the mountains (Nekotorye osobennosti gistogeneza plodov *Malus domestica* (Rosaceae) v zavisimosti ot vysoty kultivirovaniya v gorakh). *Newsletter of the Timiryazev Agric. Acad. (Izvestia TSKhA)*, vol. 2, pp. 75–92 [in Russian] (Кумахова Т. Х. Некоторые особенности гистогенеза плодов *Malus domestica* (Rosaceae) в зависимости от высоты культивирования в горах // Известия ТСХА. 2011. Вып. 2. С. 75–92).
- Kumachova T. Kh., Melikan A. P. (1989) Ultrastructure of cuticles on fruits of various cultivars of *Malus domestica* (Rosaceae). *Botanical Journal (Botanicheskiy zhurnal)*, vol. 74, no. 3, pp. 328–332 [in Russian] (Кумахова Т. Х., Меликан А. П. Ультраструктура кутикулы плодов разных сортов яблони *Malus domestica* (Rosaceae) // Ботан. журн. 1989. Т. 74, № 3. С. 328–332).
- Levina R. E. (1987) Fruit morphology and ecology (Morfologiya i ekologiya plodov). Leningrad: Nauka, 160 p. [in Russian] (Левина Р. Е. Морфология и экология плодов. Л.: Наука, 1987. 160 с.)
- Paurov A. A. (2011) Arrangement of microrelief folds on collateral cells of stomata in *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. (Hydrangeaceae) (Raspolzheniye skladok mikrorel'yefa na pobochnykh kletkakh ust'yits *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. (Hydrangeaceae)). *Bulletin of St. Petersburg University (Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta)*. ser. 3, *Biology (Biologiya)*. no. 2, pp. 39–44 [in Russian] (Пауров А. А. Расположение складок микро рельефа на побочных клетках устьиц *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. (Hydrangeaceae) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология. 2011. № 2. С. 39–44).
- Paurov A. A., Sapach Yu. O., Ivanova O. V., Krylova E. G. (2014) Leaf surface microrelief in flowering plants: stomatic rings and protrusions. *Botanical Journal (Botanicheskiy zhurnal)*, vol. 99, no. 6, pp. 625–640 [in Russian] (Пауров А. А., Сапач Ю. О., Иванова О. В., Крылова Е. Г. Микро рельеф поверхности листьев цветковых растений: устьичные кольца и выступы // Ботан. журн. 2014. Т. 99, № 6. С. 625–640).
- Shidakov R. S. (1991) Assortment of apple-tree cultivars and its improvement by breeding at the foothills of Northern Caucasus (Sortiment yabloni i sovershenstvovaniye ego putem selektsii v predgoryakh Severnogo Kavkaza). Nalchik: Elbrus, 303 p. [in Russian] (Шидиков Р. С. Сортимент яблони и совершенствование его путем селекции в предгорьях Северного Кавказа // Нальчик: Эльбрус, 1991. 303 с.).
- Stace C. A. (1965) Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.)*, no. 1, pp. 1–78.
- Stace C. A. (1984) The taxonomic importance of the leaf surface. *Syst. Assoc. Spec.* no. 25, pp. 67–94.
- Strasburger Je., Noll F., Shenk G., Shimper A. F. V. (2007) Botany. Vol. 1. Cell biology. Anatomy. Morphology (Botanika. T. 1. Kletochnaya biologiya. Anatomiya. Morfologiya) Moscow: Akademiya, 362 p. [in Russian] (Страсбургер Э., Нолль Ф., Шенк Г., Шимпер А. Ф. В. Ботаника. Т. 1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология. М.: Изд. «Академия», 2007. 362 с.).
- Wu Han. (1985) Comparative observation on leaf anatomy and pollen of *Vernicia* Lour. and *Aleurites* J. R. et G. Forst. *Acta Phytotaxon.*, vol. 23, no. 3, pp. 188–191.

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Кумахова Т. Х., Воронков А. С., Бабоша А. В., Рябченко А. С. Морфофункциональная характеристика листьев и плодов *Maloideae* (Rosaceae): а. Микроструктура поверхностных тканей. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 105–112. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-105-112

Kumachova T. Kh., Voronkov A. S., Babosha A. V., Ryabchenko A. S. Morphofunctional characteristics of leaves and fruits in *Maloideae* (Rosaceae): a. Microstructure of surface tissues. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 105–112. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-105-112

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-105-112>

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

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

## РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА ГРЕЧИХИ В РОССИИ ЗА 100 ЛЕТ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-113-117

УДК 633.12

Поступление/Received: 25.12.2018

Принято/Accepted: 06.03.2019

А. Н. ФЕСЕНКО, И. Н. ФЕСЕНКО

Всероссийский научно - исследовательский институт  
зернобобовых и крупяных культур,  
302502 Россия, г. Орел, П/О Стрелецкое;  
✉ [ivanfesenko@rambler.ru](mailto:ivanfesenko@rambler.ru)

### BUCKWHEAT BREEDING AND PRODUCTION IN RUSSIA DURING THE PAST 100 YEARS

A. N. FESENKO, I. N. FESENKO

All - Russian Research Institute  
of Grain Legume and Groat Crops,  
P.O. Streletskoe, Orel 302502, Russia;  
✉ [ivanfesenko@rambler.ru](mailto:ivanfesenko@rambler.ru)

Средняя урожайность гречихи в России в 2011-2017 гг. в сравнении с 1960-ми выросла в 1,9 раза (с 0,49 до 0,94 т/га), что сопоставимо с ростом урожайности пшеницы за тот же период (в 2,1 раза, с 1,18 до 2,42 т/га). Однако, если урожайность пшеницы повышалась постепенно, то весь рост урожайности гречихи приходится на начало этого столетия. Такие различия в динамике свидетельствуют о том, что рост урожайности гречихи не связан с совершенствованием агротехники или погодно-климатическими изменениями. Это не связано и с существенными изменениями в распределении посевов гречихи по регионам, поскольку средняя урожайность в главном на данный момент регионе возделывания гречихи – Алтайском крае (0,91 т/га) – ниже средней по стране. Хронологически период резкого повышения урожайности гречихи в России совпадает с существенным распространением в производстве сортов с детерминантным типом роста, созданных на основе мутации *det*: с 1999 года доля детерминантных сортов в общей площади сортовых посевов гречихи в России возросла в 7 раз (с 8,2 до 56,7%). Детерминантные сорта отличаются уменьшенной высотой растений и числом цветков на побег, более дружным зацветанием соцветий на побегах и, следовательно, более дружным созреванием. Повышенный морфологический потенциал продуктивности (число вегетативных узлов на стебле и ветвях первого порядка) обеспечивает более высокий уровень урожайности этих сортов. По всей видимости, именно широкое внедрение детерминантных сортов обеспечило значительный рост урожайности гречихи. В настоящее время в лаборатории селекции крупяных культур ФНИЦ ЗБК ведется создание детерминантных сортов гречихи с использованием дополнительных мутаций. Крупным успехом в такой работе стало создание первого в мире детерминантного зеленоцветкового (мутация *gc*) сорта 'Дизайн', характеризующегося повышенной толщиной и прочностью плодоножек, что обеспечивает повышение устойчивости к осыпанию семян.

**Ключевые слова:** гречиха, селекция, детерминантность, возделывание, урожайность

Average buckwheat yield in Russia has increased from 0.49 to 0.94 t/ha (1.9 times) in the period from the 1960s to 2011-2017, which is comparable to the growth of wheat yields for the same period (2.1 times, from 1.18 to 2.42 t/ha). However, if the growth in wheat yields occurred gradually, the entire growth of buckwheat yield falls on the beginning of the 21st century. Such differences in dynamics indicate that the increase in buckwheat yield is not related to the improvements in agricultural technology or climate changes. Nor it is related to any significant changes in the structure of buckwheat sowing regions, as the average yield in the most important region of buckwheat cultivation, Altai Territory, is only 0.91 t/ha (i.e. less than the country's average). Chronologically, the period of an abrupt increase in the yield of buckwheat in Russia coincides with widespread introduction of cultivars with determinate growth habit (determinants). Since 1999, the share of determinant varieties in the total area under buckwheat in Russia has increased from 8.2 to 56.7%. Apparently, it was a main cause for the significant growth of buckwheat yield in Russia. Determinant cultivars based on the *d* (*det*) mutation are characterized by reduced plant height, reduced number of flowers on shoots, and more intensive and fast blossoming of inflorescences (and, consequently, more intensive and fast maturation). The increased morphological potential of productivity (the number of vegetative nodes on the stem and first - order branches) ensures a higher level of yield for these cultivars. At present, our lab is developing determinant buckwheat cultivars using some additional mutations. A major success in this work has been the world's first determinant cultivar with green flowers (the *gc* mutation) named 'Design', which develops thicker and stronger fruit stalks with higher resistance to seed shattering.

**Key words:** buckwheat, breeding, determinate growth habit, production, yield

Гречиха – традиционная крупяная культура в России. В XIX веке она занимала значительные площади в Российской империи, однако к концу века гречиху стали вытеснять более урожайные культуры: площади, занимаемые в Российской Империи, сократились с 5,34 млн га в 1870–1874 гг. до 1,77 млн га в 1911–1915 гг. (Krotov, 1963). Снижение площадей, занимаемых гречихой, послужило стимулом для разработки программы исследований по биологии, селекции и агротехнике этой культуры, проведенной Департаментом земледелия в 1898 году. Спустя год И. А. Пуль-

ман опубликовал свою первую работу о влиянии погодных факторов на урожай гречихи. Эта публикация положила начало широкому экспериментальному изучению основной проблемы культуры гречихи – причин низкого уровня и неустойчивости ее урожая (Fesenko, 1983). Статистические данные по производству гречихи в России до 1961 года (с этого момента имеется систематическая статистика ФАО) весьма фрагментарны и не позволяют дать объективную оценку изменения урожайности гречихи в первой половине XX века (табл. 1).

**Таблица 1. Производство гречихи в Российской Федерации (по сравнению с Российской империей и СССР)****Table 1. Buckwheat production in the Russian Federation (compared with the Russian Empire and the USSR)**

1913*	1940**	1961–1970**	1971–1980**	1981–1990**	1991–2000***	2001–2010***	2011–2017***
Посевная площадь, млн га							
2,20	2,10	1,84	1,65	1,71	1,41	0,84	1,16
Урожайность, т/га							
0,50	0,64	0,47	0,50	0,57	0,53	0,74	0,94
Производство, млн т							
1,10	1,31	0,85	0,82	0,97	0,72	0,64	0,95

Примечание. Приведено по: National economy of the USSR for 70 years, 1987; www.faostat.org; www.gks.ru  
\*Российская империя, \*\*СССР, \*\*\*Российская Федерация

Тем не менее, можно достаточно уверенно утверждать, что в этот период урожайность гречихи не превышала уровня 1961–1970 гг.

По сравнению с шестидесятыми годами прошлого века средняя урожайность гречихи в 2011–2017 гг. возросла в 1,9 раза, что сопоставимо с ростом урожайности пшеницы (табл. 2).

Причем, если урожайность пшеницы на протяжении этого периода повышалась постепенно, то весь рост урожайности гречихи приходится на начало нового века. Такие различия в динамике свидетельствуют о том, что рост урожайности гречихи не связан с повышением уровня агротехники или погодно-климатическими изменениями.

**Таблица 2. Сравнительный анализ урожайности гречихи и пшеницы в России****Table 2. Comparative analysis of buckwheat and wheat yields in Russia**

Культура	Средняя урожайность за период, гг.						
	1961–1970, т/га	1992–2000		2001–2010		2011–2017*	
		т/га	% к 1961–1970	т/га	% к 1961–1970	т/га	% к 1961–1970
Пшеница	1,18	1,61	136	2,05	174	2,42	205
Гречиха	0,49	0,53	108	0,74	151	0,94	192

Примечание. Приведено по: www.faostat.org; www.gks.ru  
\*данные Росстат

По сравнению с двадцатым веком, в новом столетии в России значительно изменилось распределение посевов гречихи. Драматически сократились посевные площади гречихи в традиционных регионах ее возделывания: Центральном, Волго-Вятском, Средне-Волжском (табл. 3). Резко возросла в структуре российского «гречишного клина» доля Западно-Сибирского региона, точнее

Алтайского края, в котором в этот период размещалось 44,7% посевов гречихи в РФ. Столь существенное изменение распределения посевов гречихи в России также не объясняет роста ее урожайности: средняя урожайность этой культуры в Алтайском крае составила в 2011–2017 гг. 0,91 т/га, что ниже, чем в среднем по стране (см. табл. 2).

**Таблица 3. Размещение посевов гречихи в России****Table 3. Locations of buckwheat crops in Russia**

Регион	Доля региона в общей площади посевов гречихи в России, %			
	1916	1970	2001–2010	2011–2017
Северо-Западный	0,7	0,1	0,1	0,4
Центральный	9,6	15,3	4,0	3,5
Волго-Вятский	12,5	13,0	0,7	0,5
Центрально-Черноземный	27,7	14,8	19,4	16,3
Северо-Кавказский	0,6	3,1	3,1	1,0
Средневожский	14,9	10,3	9,9	5,4
Нижневожский	0,7	7,9	8,2	3,5
Уральский	23,5	15,7	17,6	18,0
Западно-Сибирский	1,5	10,6	32,6	48,5
Восточно-Сибирский	4,4	4,9	2,2	1,5
Дальневосточный	3,9	4,3	2,5	1,4

Примечание. Приведено по: www.gks.ru; Agricultural Censuses in Russia, 2007; Results of buckwheat variety trials for 1966–1970, 1972.

**Таблица 4. Доля сорта Богатырь в общей площади посевов гречихи в России, %**  
**Table 4. The share of cv. 'Bogatyr' in the total buckwheat-producing area in Russia, %**

Сорт	1961 г.	1970 г.	1999 г.	2011 г.
Богатырь	64,3	41,6	6,6	1,1
Калининская	0,4	8,9	0,1	0
Казанская	4,8	1,2	0	0
Красноуфимская 216	7,5	1,1	0	0
Белорусская	0,8	0,3	0	0
Шатиловская 4	н.д.	3,2	0,2	0
Амурская местная	н.д.	1,9	2,5	0,3
Горношорская	н.д.	1,5	0	0
Бурятская местная	н.д.	0,8	0,2	0
Прочие сорта	22,2	39,6	90,3	98,6

**Примечание.** Приведено по: Results of buckwheat variety trials for 1966–1970, 1972; Kozmina, 1963.

Поворотным пунктом для развития селекции гречихи стало постановление Совета народных комиссаров СССР «О мерах по улучшению семян зерновых культур» в 1937 г., после которого она впервые была включена в Государственное сортоиспытание и значительно расширилась сеть селекционных и опытных станций, работавших с гречихой.

Основным содержанием первого этапа селекции гречихи (как и других культур) в СССР был отбор наиболее урожайных местных популяций. Эта работа проводилась Государственной комиссией по сортоиспытанию. Среди опытных учреждений наиболее широко такие исследования велись на Шатиловской селекционной станции.

В период с 1933 по 1945 г. здесь было изучено 2196 образцов, в том числе несколько десятков в предварительном и конкурсном сортоиспытании (Kopelkivsky, 1951). Аналогичные испытания проводили Богородицкое и Чишминское опытные поля, Казанская, Черниговская, Тернопольская и другие опытные станции. До шестидесятых годов XX века основу сортимента гречихи составляли местные сорта. Сорта, созданные отбором из местных популяций, занимали значительную долю в сортименте гречихи до семидесятых годов. В 1979 году сорта гречихи, созданные на основе гибридизации, мутагенеза и т. д. составляли лишь 37,5% от общего числа районированных сортов, тогда как у озимой пшеницы – 70,2% (табл. 5).

**Таблица 5. Изменение допущенного к использованию сортимента гречихи в СССР и РФ**

**Table 5. Dynamics in the assortment of buckwheat cultivars approved for cultivation in the USSR and Russian Federation**

Год/сорта	местные	Созданные отбором из местных сортов	Селекционные
Гречиха			
1954	52	11	0
1960	42	16	0
1971	16	17	4
1974	12	15	6
1979	5	15	12
1992*	3	6	34
2017*	2	2	45
Озимая мягкая пшеница			
1954	54	46	46
1960	36	41	51
1971	13	17	39
1974	10	13	35
1979	8	9	40
1992*	0	0	59
2017*	0	0	316

\*данные по РФ

Таким образом, именно местные сорта и сорта, созданные отбором из местных популяций, такие как, например, сорт 'Богатырь', составили основу сортимента гречихи на протяжении нескольких десятилетий.

С конца тридцатых годов XX века основным методом селекции гречихи был отбор при свободном переопыле-

нии сортов (Kopelkivsky, 1939; Kolosova, 1958; Gordienko, 1959). Очевидно, что эффективность такого отбора была крайне низкой, в том числе из-за быстрого нивелирования его результатов. Основополагающее значение для развития селекции гречихи имеет результат работы Шатиловской опытной станции (Nettevich, Fesenko, 1964) – метод тетраплоидной изоляции, обеспечивающий эффективную изоляцию селекционных образцов.

Низкую эффективность отбора наиболее продуктивных растений позднее объяснили с точки зрения особенностей приспособительного комплекса вида *Fagopyrum esculentum* Moench (Fesenko et al., 2006). Был сделан вывод о том, что ключевыми особенностями этого вида являются способность к длительному росту побегов и выраженная ремонтантность, т. е. способность к закладке потенциально неограниченного числа соцветий (Fesenko et al., 2006). Исходя из этого, отбор наиболее плодovitых растений сохранял высокий ростовой потенциал и низкий гомеостаз плодообразования. Таким образом, для достижения прогресса в селекции необходимо было создание сортов с морфологически детерминированным ростом.

В СССР были проведены масштабные исследования по целому ряду направлений, в том числе по выделению естественных и искусственных мутаций и использованию их в селекционной работе с гречихой, усилению гетерозиса и др. (Fesenko, 1983; Kadyrova, 1983; Gorina, Sotnikova, 1988; Alekseeva, 1999; Fesenko et al., 2006). Первый результативный шаг в этом направлении был сделан Н. Н. Петелиной, которой выпала редкая удача выделить новый морфотип, ставший родоначальником плеяды сортов, созданных Н. Н. Петелиной, Ф. З. Кадыровой, А. М. Сабитовым и рядом других селекционеров. Сорта этого морфотипа, получившего условное название «краснострелецкий» (по названию первого сорта), отличаются уменьшенным ростом растений («физиологическая детерминация» роста), сниженным числом цветков на побегах, дружным созреванием, крупнозерностью (Fesenko et al., 2006). К сожалению, пока не удается увеличить морфологический потенциал

продуктивности этого морфотипа: по нашим данным, отбор более позднеспелых растений ведет к потере ограничения роста растений.

Н. В. Фесенко пришел к выводу, что наиболее перспективными для селекции являются мутации, получившие положительный эволюционный статус. На основании мониторинга местных популяций гречихи такими были признаны мутация ограниченного ветвления и мутация детерминантного типа роста побегов (Fesenko et al., 2006). С начала нового века лаборатория селекции крупных культур ФНЦ ЗБК ведет селекцию только детерминантных сортов гречихи. Мутация детерминантности имеет четкое морфологическое проявление, моногенное наследование и позволяет создавать сорта с различной продолжительностью вегетационного периода (от скороспелых

до позднеспелых). Детерминантные сорта отличаются уменьшенными высотой растений и числом цветков на побегах, более дружным зацветанием соцветий на побегах и, следовательно, более дружным созреванием. Повышенный морфологический потенциал продуктивности (число вегетативных узлов на стебле и ветвях первого порядка) обеспечивает более высокий уровень урожайности этих сортов.

Преимущества детерминантных сортов обеспечили им высокую популярность у производителей: с 1999 года доля детерминантных сортов в общей площади сортовых посевов гречихи в России возросла в 7 раз (табл. 6). Хронологически это совпадает с периодом резкого повышения урожайности этой культуры в России (см. табл. 2).

**Таблица 6. Структура сортовых посевов гречихи в России**

**Table 6. Shares of different cultivar groups over the total buckwheat cropping area in Russia**

Учреждение-оригинатор	Доля сортов (%) в общей площади сортовых посевов	
	1999 г.	2011 г.
ВНИИЗБК в т. ч. детерминантные сорта	39,8 8,2	61,8 56,7
Татарский НИИСХ	24,6	14,7
Башкирский НИИСХ	10,2	16,1
Сибирский НИИРС	3,7	3,6
Приморский НИИСХ	0,5	0,3
Сорта других учреждений	14,0	2,9
Сорта украинской и белорусской селекции	3,5	0,3
Местные сорта	3,7	0,3

По всей видимости, именно широкое внедрение детерминантных сортов привело к значительному росту урожайности гречихи. В настоящее время в нашей лаборатории ведется селекция детерминантных сортов гречихи с использованием дополнительных мутаций. Крупным успехом в этом направлении стало создание во ВНИИЗБК (ФНЦ

ЗБК) первого в мире детерминантного зеленоцветкового (мутация *gc*) сорта 'Дизайн' (допущен к использованию в РФ в 2010 г.), отличающегося повышенной толщиной и прочностью плодоножек, что повышает устойчивость к осыпанию семян.

#### References/Литература

- Agricultural Censuses in Russia (Selskokhozyaystvennyye perepisi v Rossii) (2007) Moscow: Statistika Rossii, 304 p. [in Russian] (*Сельскохозяйственные переписи в России // Росстат. М. : ИИЦ Статистика России, 2007. 304 с.*)
- Alekseeva E. S. (1999) Breeding of Podolsk buckwheat varieties (Seleksiya podolskikh sortov grechikhi). Chernovtsy: Ruta, 120 p. [in Russian] (*Алексеева Е. С. Селекция подольских сортов гречихи. Черновцы : Рута, 1999. 120 с.*)
- Fesenko N. V. (1983) Buckwheat breeding and seed production (Seleksiya i semenovodstvo grechikhi). Moscow: Kolos, 191 p. [in Russian] (*Фесенко Н. В. Селекция и семеноводство гречихи. М. : Колос, 1983. 191 с.*)
- Fesenko N. V., Fesenko N. N., Romanova O. I., Alekseeva E. S., Suvorova G. N. (2006) Buckwheat (Grechikha). In: Theoretical Bases of Plant Breeding, vol. 5. St. Petersburg: VIR, 196 p. [in Russian] (*Фесенко Н. В., Фесенко Н. Н., Романова О. И., Алексеева Е. С., Суворова Г. Н. Гречиха // Теоретические основы селекции растений. Т. 5 : Гречиха. СПб. : ГНЦ РФ ВИР, 2006. 196 с.*)

- Gordienko G. T. (1959) Methods and results of breeding work with buckwheat at Chernigov State Agricultural Experiment Station (Metodika i rezultaty selektsionnoy raboty s grechikhoj na Chernigovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy opytnoy stantsii). *Bull. Ukr. Res. Inst. of Plant Science, Breeding & Genetics (Byulleten Ukrainського NII rastenievodstva, selektsii i genetiki)*, no. 5, pp. 92–96 [in Russian] (*Гордиенко Г. Т. Методика и результаты селекционной работы с гречихой на Черниговской государственной сельскохозяйственной опытной станции // Бюл. Украинского НИИ растениеводства, селекции и генетики. 1959. № 5. С. 92–96.*)
- Gorina E. D., Sotnikova E. I. (1988) Efficiency of heterosis in tetraploid buckwheat (Effektivnost geterozisa u tetraploidnykh form grechikhi). In: Arable Farming and Plant Production in Belorussian SSR (Zemledeliye i rasteniyevodstvo v BSSR). Minsk: Uradzhay, iss. 3, pp. 28–31 [in Russian] (*Горина Е. Д., Сотникова Е. И. Эффективность гетерозиса у тетраплоидных форм гречихи. Земледелие и растениеводство в БССР. Минск : Ураджай, 1988. вып. 3. С. 28–31.*)

- Kadyrova F. Z.* (1983) Some results of buckwheat breeding at the Tatar Research Institute of Agriculture (K itogam selektsii grechikhi v Tatarskom NII selskogo khosyaystva). *Cereal Crops (Zernovye kultury)*, no. 2, pp. 29–32 [in Russian] [*Кадырова Ф. З.* К итогам селекции гречихи в Татарском НИИ сельского хозяйства // *Зерновые культуры*. 1983. № 2. С. 29–32].
- Kolosova K. S.* (1958) Development of methods for making mixtures of buckwheat varieties (Razrabotka metodov sostavleniya sortosmesey grechikhi). *Bull. Ukr. Res. Inst. of Plant Science, Breeding & Genetics (Byulleten Ukrainskogo NII rasteniyevodstva, selektsii i genetiki)*, no. 2, pp. 132–137 [in Russian] [*Колосова К. С.* Разработка методов составления сортосмесей гречихи // *Бюл. Украинского НИИ растениеводства, селекции и генетики*. 1958. № 2. С. 132–137].
- Kopelkievsky G. V.* (1939) Buckwheat breeding and seed production (Selektsiya i semenovodstvo grechikhi). *Plant Breeding and Seed Production (Selektsiya i semenovodstvo)*, no. 5, pp. 34–36 [in Russian] [*Копелькиевский Г. В.* Селекция и семеноводство гречихи // *Селекция и семеноводство*. 1939. № 5. С. 34–36].
- Kopelkievsky G. V.* (1951) Buckwheat (Grechikha). In: Short review of the research performed at Shatilovskaya State Breeding Station for 50 Years (Kratkiye itogi rabot Shatilovskoy gosudarstvennoy selektsionnoy stantsii za 50 let). Orel: Orlovskaya Pravda, pp. 56–63 [in Russian] [*Копелькиевский Г. В.* Гречиха // *В кн. : Краткие итоги работ Шатиловской государственной селекционной станции за 50 лет.* Оре́л : Орловская правда, 1951. С. 56–63].
- Kozmina E. P.* (1963) Technological properties of groat crops and grain legumes (Tekhnologicheskiye svoystva krupyanykh i zernobobovykh kultur). Moscow: CINTI Goskomzaga, 294 p. [in Russian] [*Козьмина Е. П.* Технологические свойства крупяных и зернобобовых культур. М. : ЦИНТИ Госкомзага, 1963. 29 с.).
- Krotov A. S.* (1963) Buckwheat (Grechikha). Moscow; Leningrad: Selkhozizdat, 256 p. [in Russian] [*Кротов А. С.* Гречиха. М. ; Л. : Сельхозиздат, 1963. 256 с.).
- National economy of the USSR for 70 years (Narodnoye khozyaystvo SSSR za 70 let) (1987). Moscow: Finansy i Statistika, 766 p. [in Russian] (Народное хозяйство СССР за 70 лет: юбилейный стат. ежегодник. Госкомстат СССР. М. : Финансы и статистика, 1987. 766 с.).
- Nettevich E. D., Fesenko N. V.* (1964) Biological method of isolating common buckwheat accessions (Biologicheskiy metod izolyatsii obyknovennoy grechikhi). *Plant Breeding and Seed Production (Selektsiya i semenovodstvo)*, no. 2, pp. 41–45 [in Russian] [*Неттевич Э. Д., Фесенко Н. В.* Биологический метод изоляции обыкновенной гречихи // *Селекция и семеноводство*. 1964. № 2. С. 41–45].
- Results of buckwheat variety trials for 1966–1970 (Resultaty gosudarstvennogo sortoispytaniya grechikhi za 1966–1970 gg.) (1972) Moscow: Kolos, 110 p. [in Russian] (*Результаты Государственного сортоиспытания гречихи за 1966–1970 гг.* М. : Колос, 1972. 110 с.).  
<http://www.faostat.org>  
<http://www.gks.ru>

#### Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Для цитирования/How to cite this article

Фесенко А. Н., Фесенко И. Н. Развитие селекции и производства гречихи в России за 100 лет. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 113–117. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-113-117

Fesenko A. N., Fesenko I. N. Buckwheat breeding and production in Russia during the past 100 years. Proceedings on applied botany, ge-netics and breeding. 2019; 180(1): 113–117. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-113-117

#### Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

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

#### Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-113-117>

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

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

## РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ АЛЕКСАНДРА МИКИЧА «LEXICON OF PULSE CROPS»

Поступление/Received: 20.02.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

**М. А. ВИШНЯКОВА**

Федеральный исследовательский центр  
Всероссийский институт генетических ресурсов  
растений имени Н. И. Вавилова (ВИР),  
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;  
✉ [m.vishnyakova.vir@gmail.ru](mailto:m.vishnyakova.vir@gmail.ru)

**BOOK REVIEW OF "LEXICON OF PULSE CROPS"  
BY ALEKSANDAR MIKIĆ**

**M. A. VISHNYAKOVA**

N. I. Vavilov All-Russian Institute  
of Plant Genetic Resources (VIR),  
42-44 Bolshaya Morskaya St.,  
St. Petersburg 190000 Russia;  
✉ [m.vishnyakova.vir@gmail.ru](mailto:m.vishnyakova.vir@gmail.ru)

**Александр Микич** – Сербский ученый из института полевых и овощных культур, г. Нови Сад. Автор более 350 научных статей, 120 тезисов международных конференций и свыше 10 глав в монографиях. Соавтор 30 сортов бобовых культур. Будучи специалистом по генетическим ресурсам, генетике и селекции зернобобовых, Александр давно увлекается этнолингвистикой бобовых.

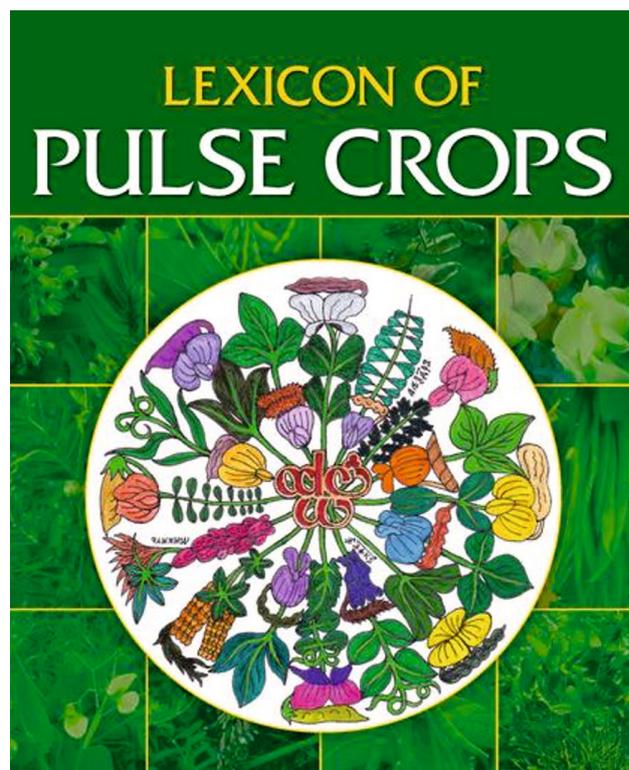
Собранные А. Микичем ботанические и лингвистические данные о зернобобовых культурах с самых ранних археологических и письменных записей до наших дней и опубликованные им в нескольких десятках статей составили книгу «**Lexicon of Pulse Crops**»\*.

По словам самого автора, «это книга о культурных растениях, называемых зернобобовыми, происхождении и разнообразии их названий в языках народов мира и о красоте как самих растений, так и их названий». Он считает, что эту книгу можно рассматривать как базу данных о местных названиях зернобобовых растений у разных народов, населяющих земной шар.

Со времен А. Декандоля, а возможно и ранее, лингвистический анализ считался одним из методов изучения генетических ресурсов растений. Он позволяет понять историю происхождения культурных растений, найти свидетельства родства и пути миграции народов и возделываемых ими сельскохозяйственных растений, природу взаимопроникновения языков.

Непреложным условием изучения культурных растений лингвистический анализ считал и Н. И. Вавилов. Все монографы культур в ВИРе обязательно его использовали.

В качестве примера можно привести народные названия чечевицы, мировое разнообразие которых приведено в книге А. Микича, и упоминается в работах Е. И. Барулиной, выполненных в ВИР. Отмечено, что названия культуры близки у славянских народов: сочевица у поляков, соковица у чехов, сочиво, лецак у сербов и леца у болгар, боснийцев и хорватов; одинаковые в Турции (одно из названий), Туркмении, Азербайджане и у гагаузов – мерджюмек, марджа в Дагестане. Прототюркское происхождение названия культуры «*jasi-muk*» со вре-



**Aleksandar Mikić**

**CRC Press**  
Taylor & Francis Group

менем трансформировалось в «*jasmuq*» и дало фонетически сходные современные названия культуры в чувашском, башкирском, крымско-татарском, казахском, киргизском, уйгурском, туркменском, турецком языках и языке мари: ясмак, ясмук, ясмык. Сходные названия культуры в Абиссинии – месыр и в Индии – масур. Именно лингвистика позволила Е. И. Барулиной сделать выводы о глубокой древности культуры чечевицы в центре ее происхождения – в юго-западной Азии, – где встречались ее многие санскритские названия, а в древнеиндийских языках какие-либо названия культуры отсутствовали. Это позволило предположить, что чечевица не была известна в Индии до пришествия туда народа, говорившего по-санскритски. Отсутствие упоминаний чечевицы в древних китайских сочинениях сви-

\* Aleksandar Mikić "Lexicon of Pulse Crops". CRC Press, Taylor and Francis. 2018. 353 с. <https://www.crcpress.com/Lexicon-of-Pulse-Crops/Mikić/p/book/9781138089433>

детельствовало о приходе ее туда в менее отдаленную историческую эпоху. В лингвистическом анализе можно также найти подтверждение распространения чечевицы в Европе уже в глубокой древности. Латинское название рода чечевицы *Lens* находится в связи с древнеславянским названием *Lesha*, иллирийским *Lechia*, литовским *Lenszis*. Языкознание объясняет это тем, что достаточно долго италийский, кельтский, германский, иллирийский, славянский и балтский языки существовали только в виде диалектов единого праиндоевропейского языка. Славянский этнос отделился от индоевропейской общности предположительно около V в. до н. э., то есть гораздо позже того, как латиняне узнали культуру чечевицы (Mikić, 2015).

Книгу А. Микича можно рассматривать как лингвистический инструмент, способствующий подобного рода историческим построениям, а также как словарь, содержащий более 9500 популярных названий на 900 живых и вымерших языках, диалектах и наречиях всех этнолингвистических семей мира. Эти сведения приведены для 1500 видов и внутривидовых таксонов, относящихся к 14 основным экономически значимым родам зернобобовых.

В книге 16 глав. Первые две содержат современные данные о производстве и значении зернобобовых в разных странах мира, о центрах их происхождения, о языках мира. Автор указывает, что в настоящее время в мире насчитывают от 7100 до 7200 живых языков, при этом число вымерших языков не известно, многие языки находятся под угрозой исчезновения по причине глобализации. Приводится краткий обзор этнолингвистических семей мира.

Остальные 14 глав построены по единому принципу. Каждая из них посвящена крупному роду зернобобовых культур и представляет собой обзор наиболее распространенных культурных видов этого рода с латинскими названиями и их синонимами в различных ботанических классификациях, а также их местными названиями: *Arachis*, *Cajanus*, *Cicer*, *Ervum*, *Faba*, *Glycine*, *Lablab*, *Lathyrus*, *Lens*, *Lupinus*, *Phaseolus*, *Pisum*, *Vicia*, *Vigna*. Каждая глава имеет раздел, посвященный этимологии названий культуры. Это отдельный исключительно интересный аспект данной работы, который может привлечь филологов.

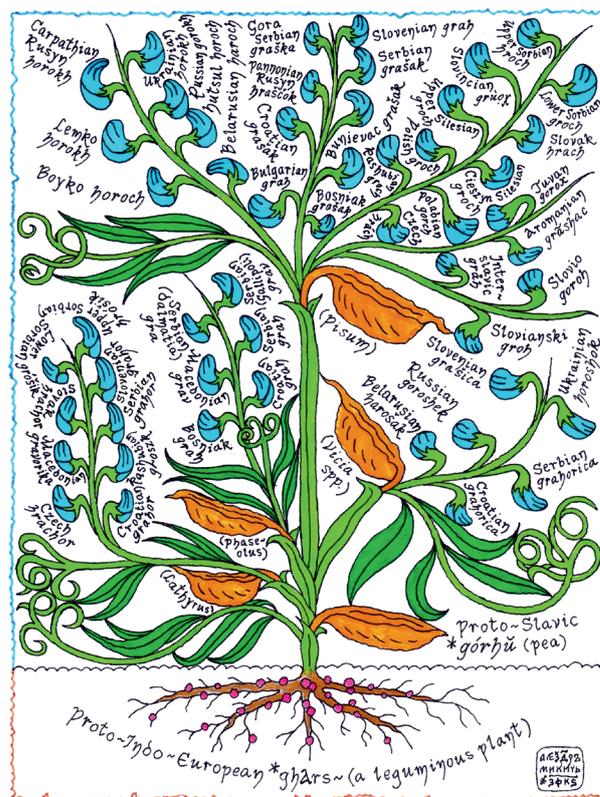
Списки местных названий некоторых культур довольно внушительны. К примеру, автором собраны местные названия гороха на более чем 400 (!) языках, наречиях и диалектах. Венчает книгу список названий таксонов, приведенных в книге зернобобовых растений. Наиболее многочисленны по видовому составу роды чина (*Lathyrus* L.), люпин (*Lupinus* L.), вика (*Vicia* L.) и вигна (*Vigna* Savi).

Книга имеет множество качественных иллюстраций – рисунков, исполненных самим автором, и фотографий растений. В качестве примера приводим рисунок, обозначающий один из возможных путей эволюции

«Lexicon...» А. Микича – очень нужное и своевременное издание. Уверена, что многие специалисты, работающие с зернобобовыми культурами, встречались со сложностью перевода их названий даже с английского языка. Это связано как с наличием синонимов (иногда многочисленных), так и со спецификой некоторых названий в американском и британском английском, с некоторыми особенностями самих культур (к примеру, овощное, зерновое и кормовое направления использования одной

культуры могут обозначаться разными словами по-английски) и т. д.

Книга будет востребована, прежде всего, как лингвистический и ботанический словарь. Она будет, несомненно, полезной и в исследованиях происхождения, доместикировки, эволюции и расселения культур. Новый импульс интереса к этим аспектам изучения используемых человеком растений, наблюдаемый сегодня, связан с развитием молекулярно-генетических исследований, приведших к возникновению филогенетики и филогеографии. Поэтому книга предназначена не только специалистам по генетическим ресурсам растений, но и ботаникам, занимающимся этими научными направлениями. Не исключаю, что книга привлечет внимание и филологов – этнолингвистов.



Один из возможных путей эволюции праиндоевропейского корня *\*ghArs-*, обобщенно обозначающего бобовое растение, в праславянский с его современными потомками и названиями в некоторых неславянских и искусственных языках, которые позаимствовали его названия. Четыре основных названия, произошедшие из праиндоевропейского (*Pisum*, *Lathyrus*, *Vicia*, *Phaseolus*), обозначены как бобы с ветвями и современными названиями, обозначенными как цветы.

#### References / Литература

- Чечевица СССР и других стран. (Ботанико-морфологическая монография). Л., 1930. 319 с. (Прилож. 40-е к Трудам по прикл. бот., ген. и сел.).
- Mikić A. Fragmenta excerpti de *Thesauri Leguminosarum*: Three of the world's first domesticated plants in the Indo-European languages of Europe. *Ratarstvo i povrtarstvo / Field and Vegetable Crops Research*, 2015. 52, 44–51.

Научное издание:

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,  
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 180, ВЫПУСК 1**

Научный редактор: *Е. А. Соколова*

Корректор: *А. Г. Крылов*

Компьютерная вёрстка: *Г. К. Чухин*

---

Подписано в печать . Формат бумаги 70×100 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>

Бумага офсетная. Печать офсетная

Печ. л 15. Тираж 300 экз. Зак. 2003/19

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР  
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 42, 44

---

ООО «Р – КОПИ»

Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6<sup>б</sup>

