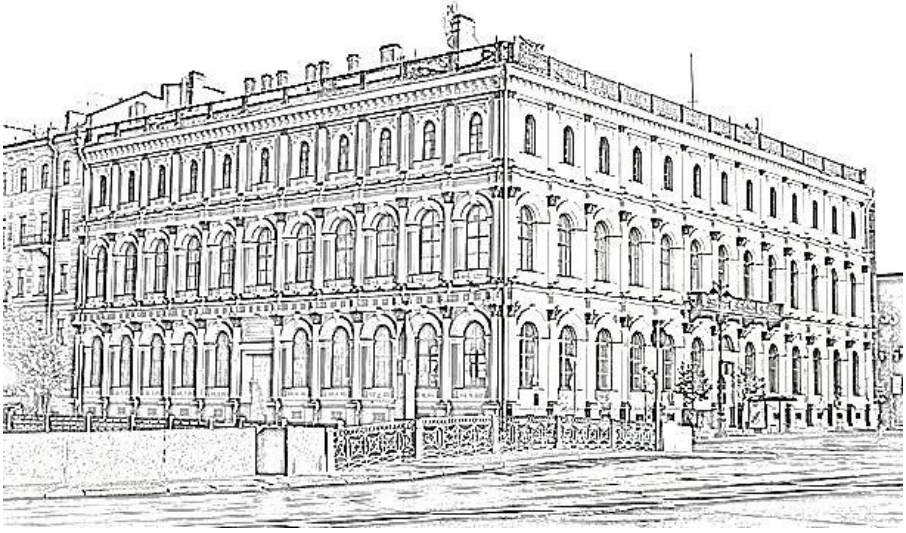


N. I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE
OF PLANT GENETIC RESOURCES (VIR)

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING

volume 176
issue 2

Editorial board

O. S. Afanasenko, B. Sh. Alimgazieva, I. N. Anisimova, G. A. Batalova, L. A. Bespalova, N. B. Brutch, Y. V. Chesnokov, I. G. Chukhina, A. Diederichsen, N. I. Dzyubenko (Chief Editor), *E. I. Gaevskaya* (Deputy Chief Editor), *K. Hammer, A. V. Kilchevsky, M. M. Levitin, I. G. Loskutov, N. P. Loskutova, S. S. Medvedev, O. P. Mitrofanova, A. I. Morgunov, H. A. Muminjanov, E. K. Potokina, E. E. Radchenko, I. Rashal, A. V. Rodionov, N. I. Savelyev, Z. Sh. Shamsutdinov, L. Y. Shipilina* (Executive Secretary), *M. M. Silantyeva, Y. M. Sivolap, I. A. Tikhonovich, J. Turok, E. K. Turuspekov, M. A. Vishnyakova*.

Editors in charge of this issue: *I. G. Chukhina, T. N. Smekalova*

ST. PETERSBURG

2015

ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
РАСТЕНИЙ имени Н. И. ВАВИЛОВА (ВИР)

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ

том 176
выпуск 2

Редакционная коллегия

Б. Ш. Алимгазиева, И. Н. Анисимова, О. С. Афанасенко, Г. А. Баталова, Л. А. Беспалова, Н. Б. Брач, М. А. Вишнякова, Е. И. Гаевская (зам. гл. редактора), *А. Дидериксен, Н. И. Дзюбенко* (главный редактор), *А. В. Кильчевский, М. М. Левитин, И. Г. Лоскутов, Н. П. Лоскутова, С. С. Медведев, О. П. Митрофанова, А. И. Моргунов, Х. А. Муминджанов, Е. К. Потокина, Е. Е. Радченко, И. Рашаль, А. В. Родионов, Н. И. Савельев, Ю. М. Сиволап, М. М. Силантьева, И. А. Тихонович, Й. Турок, Е. К. Туруспеков, К. Хаммер, Ю. В. Чесноков, И. Г. Чухина, З. Ш. Шамсутдинов, Л. Ю. Шипилина* (отв. секретарь).

Ответственные редакторы выпуска *И. Г. Чухина*, *Т. Н. Смекалова*

САНКТ–ПЕТЕРБУРГ

2015

DOI:10.30901/2227-8834-2015-2

УДК 58:631.52:633/635(066)

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 176. Вып. 2. 2015. 119 с.

Представлены результаты работ по мобилизации мировых генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей, изучению изменчивости сортовых признаков культурных растений в пределах их популяций, формированию и сохранению коллекций, идентификации генетического разнообразия коллекционных образцов. Обобщены результаты изучения коллекций льна, люцерны. Дан обзор сведений о выдающемся ученом Г. Д. Карпеченко. Приводятся результаты исследования по выявлению диких родичей культурных растений на территории Приазовского государственного природного заказника. Показана роль Cu-аккумулирующих растений в технологии фитоэкстракции меди из почвы. Продемонстрированы молекулярно-генетические подходы для выявления внутриродовой изменчивости пшеницы.
Табл. 15, рис. 16, библиогр. 210 назв.

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

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. V. 176. I. 2. 2015. 119 p.

This volume presents the results achieved worldwide genetic resources of cultivated plants and their wild relatives mobilization; study of cultivated plants varietal features diversity within their populations; collections development and conservation identification of accessions genetic diversity. The results of flax and alfalfa collections research are highlighted. The information about an outstanding scientist G. D. Karpechenko is reviewed. The results of the study in the detection of crop wild relatives in the territory of the Pryazovsky state natural reserve are done. The role of Cu-accumulating plants in the technology of copper phytoextraction from soil is shown. Molecular-genetic approaches to detection of intrageneric variation in wheat are described.
Tabl. 15, fig. 16, bibl. 210.

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, 2015

ISSN 2227-8834
ПИ № ФС77-57455

ИСТОРИЯ ВИР. СЛАВНЫЕ ИМЕНА
HISTORY OF VIR. NAMES OF RENOWN

УДК 577.21 DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-131-145

«ЛАВРАМИ НЕ УВЛЕКАЙТЕСЬ, ЭТО ДЕШЕВЫЙ ТОВАР…» (РОЛЬ Н. И. ВАВИЛОВА В СТАНОВЛЕНИИ Г. Д. КАРПЕЧЕНКО КАК РУКОВОДИТЕЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ВИР)

М. А. Вишнякова
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: m.vishnyakova@vir.nw.ru

Реферат

Актуальность. Статья посвящена 90-летию отдела генетики ВИР и началу работы Г. Д. Карпеченко – организатора и первого заведующего этим отделом. Под руководством Н. И. Вавилова молодой ученый не только определил идеологию генетических исследований в институте, но стал всемирно известным ученым, чьи исследования актуальны и по сей день. **Объект.** Основой для статьи послужила переписка между Г. Д. Карпеченко и Н. И. Вавиловым 1923–1926 гг. **Результаты.** Молодой ученый Г. Д. Карпеченко привлек внимание Н. И. Вавилова своими работами по отдаленной гибридизации. Н. И. Вавилов, будучи директором Института прикладной ботаники и новых культур (ИПБиНК), пригласил Г. Д. Карпеченко в свой «храм науки», когда тому было всего 26 лет. К этому времени он уже имел хорошую методологическую подготовку, определенный научный багаж, широкую генетическую эрудицию. История взаимоотношений двух великих генетиков XX столетия, коротко приведенная в данной статье, ограничивается периодом ноябрь 1923 г. – май 1926 г. Большую часть этого времени они были дистанционно удалены и общались посредством писем. Эти письма – яркие документальные свидетельства того, как Н. И. Вавилов помогал Г. Д. Карпеченко, не имевшему ранее опыта руководства и организационной работы, определиться в понимании задач ключевого подразделения института. Г. Д. Карпеченко, создав к этому времени межродовые гибриды *Raphanobrassica* (результат скрещивания растений из разных родов крестоцветных: редьки *Raphanus sativus* L. и капусты *Brassica oleracea* L.), склонялся к продолжению работы в этом направлении. Он изучал цитологические основы нескрещиваемости, искал пути преодоления несовместимости и тому подобное. Однако Н. И. Вавилов настаивал на развитии частной генетики и филогенетики растений в своем институте на охвате максимально возможного круга сельскохозяйственных культур. Он рассчитывал, что вновь созданный отдел генетики станет «основной методологической лабораторией, к которой могут обращаться работники по разным культурам». Не сразу пришло к

Г. Д. Карпеченко понимание масштаба стоящих перед ним задач. Однако четкое видение роли своего института в развитии растениеводства страны Н. И. Вавиловым способствовало становлению молодого ученого не только как руководителя генетических исследований в ВИР, но и как крупного генетика мирового масштаба.

Ключевые слова: Н. И. Вавилов, Г. Д. Карпеченко, отдел генетики, программа генетических исследований в ВИР, стажировка, переписка 1924–1926 гг.

"DO NOT LET LAURELS CARRY YOU AWAY, THEY ARE CHEAP STUFF ..." (VAVILOV'S ROLE IN THE FORMATION OF G. D. KARPECHENKO AS A LEADER OF GENETIC RESEARCH AT VIR)

M. A. Vishnyakova
The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
St. Petersburg, Russia, e-mail: m.vishnyakova@vir.nw.ru

Abstract

Background: The article is devoted to the 90th anniversary of genetic investigations in the Vavilov Institute. In April 1925, a young scientist G. D. Karpechenko was invited to the All-Union Institute of Applied Botany and New Crops, headed by N. I. Vavilov, to lead a newly established genetics laboratory. **Objective**: On the basis of the correspondence between N. I. Vavilov and G. D. Karpechenko in 1923–1926, the analysis of their working relationship during this period has been made. **Results.** When he started his work at Vavilov's institute, G. D. Karpechenko was 26 years old, but he had a good education, methodological training, certain scientific background and broad expertise in genetics. His abilities attracted Vavilov's attention. The history of relations between these two great geneticists of the 20th century is confined in this article within the period of November 1923 – May 1926. Most of that time they were far away from each other, and communicated through letters. These letters provide us with documentary evidence of Vavilov's help to G. D. Karpechenko, who had no experience in leadership and organizational work – how to determine the key problems of the main division of the Institute. G. D. Karpechenko, by that time, had released the intergeneric hybrids *Raphanobrassica*, (crossing different cruciferous genera: radish *Raphanus sativus* L. and cabbage *Brassica oleracea* L.). He was inclined to continue his work in this field. He studied cytological bases of cross-incompatibility, looking for ways to overcome it, etc. However, Vavilov insisted on the development of genetics and phylogenetics of different plant species from the collection of the

Institute, and to cover the widest possible range of crops. He hoped that the newly established Department of Genetics, will be "the main methodological laboratory that can be accessed by employees in charge of different crops." It was not immediately that G. D. Karpechenko understood those tasks. However, Vavilov's clear vision of the role of his Institute in the development of the agriculture of the USSR contributed to the formation of the young scientist not only as a leader of VIR's genetic research, but also as a great scientist of the global scale.

Key words: N. I. Vavilov, G. D. Karpechenko, genetic laboratory, the program of genetic research in VIR, training, correspondence of 1924–1926.

Н. И. Вавилов и Г. Д. Карпеченко – великие генетики XX века, единомышленники и соратники, коллеги, работавшие в тесной спайке в течение 15 лет. Роль Н. И. Вавилова в научной судьбе Г. Д. Карпеченко велика. По отношению к талантливому младшему коллеге, как, впрочем, не только к нему, Николай Иванович руководствовался принципом, в те времена еще не обретшим известную нам афористичную форму: «Талантам надо помогать, бездарности пробьются сами» (Ozerov, 1965. P. 155). Данная статья посвящена началу сотрудничества этих ученых, периоду с конца 1923 г. по май 1926 г.

Известно, что среди многочисленных деяний Н. И. Вавилова как организатора науки было создание института, ставшего преемником Бюро по прикладной ботанике, учрежденном при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской Империи в 1894 г., и известного всему миру как ВИР. Институт в 1920–1930-е гг. стал вершиной созданной Н. И. Вавиловым стройной системы различных научных организаций сельскохозяйственной науки в СССР. В этом «храме науки» – учреждении международного масштаба – Вавилов сосредоточил изучение всемирного разнообразия генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей, для чего собрал в нем «сливки» биологической науки того времени – известных ученых, возглавивших основные направления работы института.

Среди «мэтров» – Г. А. Левитского, Н. А. Максимова, А. И. Мальцева, К. А. Фляксбергера, В. В. Пашкевича, В. И. Писарева и других – несколько особняком стоял 26-летний Г. Д. Карпеченко. Его особое положение определялось не только молодостью и отсутствием опыта руководства, но и тем, что в 1925 г. ему было поручено создать в вавиловском институте лабораторию генетики, призванную стать, по выражению Н. И. Вавилова, «основной методологической лабораторией» (Goncharov et al., 2013. P. 214). Это означало, что Георгию Дмитриевичу

предстояло сформировать ключевое подразделение института, разработать его тематику в контексте целей и задач института и организовать научные взаимоотношения с другими отделами. Поскольку институт играл роль флагмана в растениеводстве страны, то, по сути, это означало и определение путей развития генетики культурных растений в стране на ближайшее будущее.

Напомним, что генетика в это время была еще чрезвычайно молодой наукой. Ее рождение совпало с началом XX века, когда были переоткрыты законы наследования признаков Грегора Менделя. Сам термин «генетика» был предложен Уильямом Бэтсоном только в 1906 г., и только в 1909 г. вошли в научный обиход термины «ген», «генотип» и «фенотип», предложенные Вильгельмом Иогансеном (Golubovskii, 2000). Наука, которую в 1910–1920 гг. в России было принято называть менделизмом, только приобретала признание. По мнению С. Г. Инге-Вечтомова, «генетика пришла в Россию с опозданием… в 1914 г.» (Inge-Vechtomov, 2012. P. 5).

Нелегкая задача стояла перед молодым ученым, только что оставившим *alma mater* – Петровскую сельскохозяйственную академию – «Петровку» – в Москве. До приезда в Ленинград он, будучи оставленным для подготовки к научной деятельности (по современным понятиям – в аспирантуре) при кафедре генетики и селекции, большую часть времени проводил на делянках и в крошечной «микроскопической» лаборатории Селекционной станции «Петровки» в Петровско-Разумовском (Goncharov et al., 2013). Там он был в стороне от публичной жизни и жаловался в письмах к матери на «одинокое, монотонное существование», скучал по дружной своей семье и родному Вельску, и оставшемуся там велосипеду, который «выгонял бы меня из лаборатории на воздух и был бы незаменим при объездах полей» (из не опубл.).

По-видимому, именно в «Петровке», на делянках и в лабораториях Селекционной станции, познакомились Н. И. Вавилов и Г. Д. Карпеченко в 1920–1922 гг. К 1918 г., когда Г. Д. Карпеченко стал студентом академии, Вавилов уже уехал из Москвы работать и преподавать в Саратов. Однако в Петровско-Разумовском он оставил много своих опытов, за которыми присматривали сотрудники и рабочие станции, и Н. И. Вавилов систематически приезжал в Петровско-Разумовское, чтобы проверить и проанализировать свои посевы и побывать в лабораториях и на кафедрах *alma mater*. Он, конечно же, не мог не обратить внимания на оригинальные опыты пытливого студента Г. Д. Карпеченко, успешно проводившего скрещивания растений из разных родов крестоцветных:

редьки *Raphanus sativus* L. и капусты *Brassica oleracea* L. К тому же, он был хорошо знаком с его научными руководителями – селекционером С. И. Жегаловым и цитологом А. Г. Николаевой – и очень высоко ценил работы обоих ученых. В начале 1923 г., рекомендуя С. И. Жегалова на должность руководителя кафедры селекции в «Петровке» и анонсируя его работы, он писал: «Прекрасным дополнением к этой работе являются исследования по цитологии [его] ученика Г. Д. Карпеченко» (Scientific heredity, 1980. P. 96).

Под руководством А. Г. Николаевой Г. Д. Карпеченко осуществил масштабные сравнительно-кариологические исследования растений из разных родов, в том числе и крестоцветных. Эти работы предшествовали его не менее масштабным скрещиваниям, которые основывались на знании чисел хромосом партнеров скрещиваний. И наверняка не раз расспрашивал Н. И. Вавилов молодого исследователя, бывшего в ту пору по современным понятиям аспирантом, об его опытах. Известно, что в обеденные часы случалось иногда Н. И. Вавилову чаевничать в лаборатории физиологии у Н. Е. Прокопенко в компании А. Г. Николаевой, Г. Д. Карпеченко и иногда присоединявшегося к ним С. И. Жегалова (Zybina, 2007).

Первые документальные свидетельства о переписке между Г. Д. Карпеченко и Н. И. Вавиловым относятся к концу 1923 г. А в 1924 г. в 13-м томе «Трудов по прикладной ботанике и селекции» появилась первая статья Г. Д. Карпеченко (Karpechenko, 1924a), написанная по результатам работы, начатой им еще в студенчестве: «Число хромосом и генетические взаимоотношения у культурных Cruciferae». После выхода этой статьи Н. И. Вавилов выслал автору том журнала и в сопроводительном письме пригласил посетить Отдел прикладной ботаники и селекции (ОПБиС), а также сообщил о готовности принять к опубликованию и его следующую работу: «Вашу статью о гибридах охотно напечатаем в размерах печатного листа (16 страниц) и даже несколько больше…» (Goncharov et al., 2013. P. 187). Приглашение не замедлило быть принятым и уже в следующем, 14-м томе «Трудов по прикладной ботанике и селекции» в 1925 г., появляются две статьи молодого ученого, написанные по результатам кариологических исследований, проведенных на видах двух триб (Trifolieae и Phaseolinae) семейства бобовых (Karpechenko, 1925a, б).

В 1924 г. выходят еще несколько статей Г. Д. Карпеченко, и одна из них – в «Journal of Genetics» (Karpechenko, 1924b). Эта публикация была сделана по совету Н. И. Вавилова и при его содействии, о чем в статье

упомянуто. Н. И. Вавилов написал рекомендательное письмо У. Бэтсону – сооснователю и редактору журнала, в котором сообщал: «Доктор Карпеченко из Петровской академии в Москве просил меня представить его Вам. Он работает в области цитологии и генетики Crucifearae, и некоторые его результаты, несомненно, интересны. Он пошлет Вам статью. Если она будет Вам интересна, он хотел бы опубликовать ее в Вашем «Journal of Genetics». Эта работа проводилась под руководством доктора Навашина – нашего лучшего цитолога – и выполнена очень тщательно. Все препараты просмотрены С. Г. Навашиным. Я знаю доктора Г. Д. Карпеченко как добросовестного работника. Одна из его статей по цитологии Crucifearae опубликована в нашем «Бюллетене по прикладной ботанике» (*The scientific legacy…*, 1994. Vol. 1 P. 113).

Н. И. Вавилов несколько преувеличил роль С. Г. Навашина в исследованиях Г. Д. Карпеченко, но то, что препараты последнего, рисунки с которых представлялись для опубликования в журнале У. Бэтсона, были просмотрены Навашиным, несомненно. Лаборатория С. Г. Навашина в Москве, куда он переехал, чтобы возглавить Биологический институт им. К. А. Тимирязева при Комакадемии, была открыта для всех (Korzh, 2008).

В апреле 1925 г. окончился срок приписки Георгия Дмитриевича к кафедре генетики и селекции Петровской сельскохозяйственной академии. Узнав об этом, Николай Иванович приглашает его незамедлительно переехать работать в Ленинград, в руководимый им Институт прикладной ботаники и новых культур (ИПБиНК). Он остро осознавал необходимость иметь в своем институте высококвалифицированного специалиста, который мог бы возглавить генетические исследования. Такого специалиста Н. И. Вавилов увидел в Г. Д. Карпеченко.

Прием на работу молодого специалиста проходил несколько сумбурно. Ведь подразделение, которое он должен был возглавить, еще и названия не имело. Об этом свидетельствуют разночтения в архивных документах ВИР, касающиеся должности Карпеченко, даты поступления на работу и названия подразделения. В личном деле Георгия Дмитриевича начало его деятельности в ИПБиНК обозначено по-разному: «заведующий Генетической лабораторией ИПБ» (Arkhiv VIR, op. 2-1, d. 77, l. 38); «заведующий Генетическим Отделением Центральной Генетической и Селекционной Опытной Станции в Детском Селе» (Arkhiv VIR, op. 2-1, d. 77, l. 4); «ученый специалист, научный руководитель по генетике отдела селекции и генетики» (Arkhiv VIR,

op. 2-1, d. 77, l. 20); «ученый специалист, заведующий секцией (позже отделом) общей генетики» (Arkhiv VIR, op. 2-1, d. 77, l. 30). Однако решая стратегические задачи развития исследований своего института, Н. И. Вавилов не обращал внимания на такие формальности. Об этом свидетельствует и тот факт, что назначение Г. Д. Карпеченко на новую должность – ученого специалиста, заведующего секцией общей генетики произошло 1 апреля 1925 г., а несколькими днями ранее, 28 марта, он уже был откомандирован как сотрудник ИПБиНК на Селекционную станцию в Петровско-Разумовское – «закончить свои генетические работы», поскольку еще росли в московских теплицах его гибриды, еще не все цитологические препараты были исследованы, еще планировалась работа на изолированных участках.

Заканчивая свои работы в Петровско-Разумовском, Георгий Дмитриевич тем не менее сумел обустроить небольшую лабораторию в вавиловском институте, набрав в штат трех человек: А. Н. Луткова, О. Н. Сорокину и С. А. Щавинскую. Лаборатория располагалась в Детском Селе в одном из зданий великокняжеской усадьбы, где в 1922 г. Н. И. Вавилов организовал Центральную генетико-селекционную станцию Отдела прикладной ботаники и селекции, вскоре реорганизованную в отдел генетики и селекции ИПБиНК под руководством заместителя директора Института В. Е. Писарева (Filimonov, 1972). По существу, это было то место, где Г. Д. Карпеченко мог продолжить и расширить свои генетические эксперименты по отдаленной гибридизации и цитогенетическому изучению гибридов.

Практически сразу по приему Г. Д. Карпеченко в институт, Н. И. Вавилов начинает хлопоты о зарубежной стажировке молодого генетика: «При сем посылаю Вам бумагу для Главнауки… Срок командировки прописал, как видите, полугодовой. Думаю, что и по существу было бы целесообразно пробыть не менее полугода за границей, чтобы подучить языки и хотя бы одним языком свободно владеть. Когда поедете, поставим Вам миллион заданий… Думаю, что возможно поддержать Вас и в финансовом отношении. Уже одно вознаграждение по должности даст Вам возможность наполовину обеспечить командировку» (Goncharov et al., 2013. P. 194).

Несколько ранее Вавилов подробно писал молодому ученому о пользе зарубежных стажировок и состоянии генетики за рубежом: «За границей стоит побывать и повидать Винклера, Корренса, Нильсона-Элле, а особенно Герберта Нильсона… за границей любопытно побывать, подучить языки, собрать материал, повидать больших людей,

вдохновиться, но учиться особенно нечему. Гораздо важнее почитать побольше книг и овладеть языками, так, чтобы не лазить в словарь. Говорю откровенно, как думаю. Но при всем нашем убожестве мы еще как-то держимся на одном уровне» (Goncharov et al., 2013. P. 191–192).

Хлопоты Н. И. Вавилова увенчались успехом, и уже через четыре месяца после принятия на работу в ИПБиНК, еще практически не определившись с идеологией работы созданной им лаборатории, в августе 1925 г. Г. Д. Карпеченко, благословленный Н. И. Вавиловым, выехал за рубеж.

Во время заграничной командировки с августа 1925 г. по июнь 1926 г. Георгий Дмитриевич посетил ведущие генетические и цитологические лаборатории девяти европейских стран. Он стажировался в университетах Швеции и Норвегии, посетил Свалефскую станцию, практиковался на кафедре генетики Королевского ветеринарного и сельскохозяйственного колледжа Дании; в Институте генетики растений общества Кайзера Вильгельма в Германии, откуда выезжал в институты Мюнхена, Геттингена, Йены, Гамбурга. Свои впечатления, особенно поначалу, Георгий Дмитриевич описывал в письмах к Н. И. Вавилову в самых восторженных тонах. Писал, в частности, о том, что его доклады в Швеции имели большой успех. Отчитывался о пребывании у О. Винге: «Я заразил их своими редьками настолько, что они и между собою постоянно говорили об этих гибридах, и я очень часто слышал из соседней комнаты оживленные разговоры по-датски, но со знакомыми словами: *Raphanus, Brassica*, тетраплоид, Hexaploid и т. д. Перед самым отъездом все мои теории оказались правыми, их же контр-теории – ложными, так что я с большой честью вышел из наших бесконечных споров… Winge и Clausen, я чувствую, совершенно искренне благодарили меня за мой приезд, а я их за поразительное гостеприимство, и мы расстались большими друзьями» (Goncharov et al., 2013. P. 199). Писал о своих цитологических препаратах: «Весьма кстати я имею сейчас очень хорошие препараты, которые производят здесь сильное впечатление» (Goncharov et al., 2013. P. 196). В ответ получал от Н. И. Вавилова несколько охлаждающие письма: «Дорогой Георгий Дмитриевич. Получил пару Ваших писем с описанием подвигов. Лаврами не увлекайтесь, это дешевый товар; гораздо более проку, когда обучают уму-разуму, и когда действительно сможете чему-нибудь научиться. Предстоит огромная работа. Надо овладеть по-серьезному генетикой, а для этого проштудировать большую генетическую литературу. Штудируйте пока не поздно, нагоняйте стариков и изучайте досконально,

систематически те группы, с которыми будете работать. Очень хотелось бы, чтобы Вы смогли вплотную подойти к проблеме генетики и филогенетики в особенности, и тех групп, которые наиболее любопытны, как хлебные злаки.

Второе наше пожелание сводится к тому, чтобы Вы представляли критические сводки по отдельным генетическим вопросами. Только научившись составлять такие сводки, Вы действительно овладеете предметом не по верхушкам, а по-серьезному. В этом был свой плюс в свое время магистерских экзаменов, и если Вы подойдете вплотную к работе лучших исследователей за границей, Вы увидите, что почти все они прошли эту фазу. Надо преодолеть леность, инерцию покоя. Для нас как учреждения, которое обязано быть в курсе общей разработки вопросов такого рода, сводки особенно нужны не менее, чем оригинальные работы. Нисколько не сомневаюсь, что и оригинальная работа только выиграет от составления такого рода сводок» (Goncharov et al., 2013. P. 201).

Такими дружески-наставительными были письма директора к подчиненному, ученого, обогащенного опытом – к начинающему, старшего к младшему. Не все нравилось в этих письмах Георгию Дмитриевичу. Оправдывался: «Инерцией покоя не обладаю, – это Вы ошиблись. Эта инерция – только моя мечта; я чувствовал, насколько помню, абсолютный покой только в первые летние каникулы во время гимназического периода и тогда был счастлив. Но потом уже этого не было» (Goncharov et al., P. 203). Работал он с гимназической скамьи много и упорно, а в этой заграничной командировке и того больше. «Работаю нервно, не могу часто заснуть до 4–5 часов, все думаю, думаю, и все об этих гибридах», – писал он Николаю Ивановичу. Большую ответственность чувствовал за рубежом молодой ученый вавиловского института, не привыкший еще к своему статусу начальника (Goncharov et al., 2013. P. 200). «Рекомендуясь здесь заведующим генетической лабораторией, я хронически попадаю в профессора, что ставит меня в очень неловкое положение, из которого я не всегда решаюсь выйти. Получается какое-то безобразие. Я очень бы просил Вас, дорогой Николай Иванович, писать мне (конечно, очень кратко). Меня очень интересуют дела Всесоюзного Института и Ваши личные перспективы» (там же).

Н. И. Вавилов отвечал регулярно, порою очень обстоятельно. Рассказывал о задачах, стоящих перед генетикой, перед институтом, перед самим Г. Д. Карпеченко. Георгий Дмитриевич писал не менее

обстоятельно и со всей искренностью человека, воспитанного в большой, дружной и правильной семье, признавался директору: «Я уверен в искренности Ваших дружественных отношений ко мне, видел тому уже много доказательств, очень признателен Вам за это и как ответ могу только сказать, что я искренне к Вам привязан» (Goncharov et al., 2013. P. 205).

Последним этапом стажировки молодого ученого была Англия – садоводческий институт Уильяма Бэтсона. «Апостол генетики» ждал молодого ученого, знакомого ему по публикациям и рекомендации Н. И. Вавилова, даже хлопотал о визе для Г. Д. Карпеченко и предлагал ему на первое время остановиться в своем доме. Но 8 февраля 1926 г. – за несколько дней до приезда Г. Д. Карпеченко в Англию – У. Бэтсон скоропостижно скончался в возрасте 64 лет. Тем не менее, в Садоводческом институте в Мертоне Георгия Дмитриевича ждали и письменно сообщили, что предоставят ему, «исполняя желание умершего, все удобства для работы» (Goncharov et al., 2013. P. 206). В Англии Георгий Дмитриевич пробыл несколько месяцев. Именно здесь он остро пережил возникшие вдруг между ним и Н. И. Вавиловым разногласия в отношении стиля и планирования генетической работы в ИПБиНК.

Понимание задач и методологии исследований лаборатории генетики ИПБиНК, которая должна была стать важнейшим звеном среди подразделений института, пришло к молодому заведующему, до этого работавшему практически в одиночку и не выходившему за рамки собственных студенческих и аспирантских исследований, не сразу.

Н. И. Вавилов написал в довольно резкой форме о том, что его абсолютно не устроил вариант программы, предложенной ему Георгием Дмитриевичем. Характеризуя эту программу, Г. Д. Карпеченко писал, что он «выбрал, как мне кажется, все первоочередное из генетики культурных растений, одновременно отвечающее и общим интересам нашего Института…» (Goncharov et al., 2013. P. 210), но при этом отдавал приоритет углубленному изучению редечно-капустных гибридов. Однако Н. И. Вавилов требовал «программу не личного свойства, а в интересах той общей работы, которую ведет Институт». Предложенная программа «не охватывала всей генетики» возделываемых растений, как понимал ее Николай Иванович в масштабах института, в ней отсутствовали генетические исследования по многим культурам, что директор считал обязательным. «Нас мало интересует редька и очень интересуют пшеница, ячмень, овес и рожь, – писал он. – Повторяю, что в нашей структуре Генетическая лаборатория… является основной методоло-

гической лабораторией, к которой могут обращаться работники по разным культурам, и нужно, чтобы Генетическая лаборатория владела генетикой в полном объеме, чтобы быть полезным консультантом. Во всяком случае, Вам придется учесть нужды Института в генетическом методе и занять такое примерно положение, какое занимают лаборатории физиологическая, цитологическая, биохимическая» (Goncharov et al., 2013. P. 214).

Георгий Дмитриевич, еще не успевший вписаться в контекст работы Института, осознать его цели и основные направления исследований, признавался: «Я совсем не политик, совершенно не умею и не хочу заниматься этими делами и во всякого рода случаях пользования материалом других лабораторий совершенно не знаю, как приступить к этому. Мне не ясны наши взаимоотношения. Вы должны здесь помочь» (Goncharov et al., 2013. P. 216). И с присущим ему чувством юмора уточнял: «Наследуемый от Вас материал пока мне неизвестен, нужно время, чтобы с ним познакомиться и просмотреть литературу. От непосредственного перехода с редьки к землянике, согласитесь, ничего кроме расстройства желудка ожидать нельзя» (Goncharov et al., 2013. P. 210).

Письма Н. И. Вавилова с острой критикой молодого заведующего были столь резки и категоричны, что задолго до окончания стажировки он стал требовать незамедлительного возвращения Г. Д. Карпеченко домой. Немало раздражали Н. И. Вавилова не только узость программы, но и планируемые Г. Д. Карпеченко цитологические исследования. Он считал это дублированием работы, проводимой в цитологическом отделении, которым руководил Григорий Андреевич Левитский. Н. И. Вавилов писал: «В то же время для нас совершенно ясна огромная работа генетического порядка, которая стоит перед нами. Фактически уже работа развернулась и по пшенице, и по ячменю, и по овсу, и по крестоцветным. На очереди стоит работа по плодоводству, бахчеводству, по землянике; руководить же и вести эту работу некому: я разрываюсь на части, хотя генетика мне очень близка, отцы-систематики интересуются гибридизацией только для своих целей. Генетическая работа должна идти и в сторону решения проблемы экспериментальной генетики, и по монографии отдельных растений, по отдельным признакам и, в частности, по междувидовой гибридизации. Как будто у нас сейчас избыток цитологии на фоне пустоты в генетике, и естественно, что это неправильно. Цитология нам нужна как метод, и только самодавлеющего значения мы ей не придаем, и скромный подход к этому делу Григория

Андреевича (Г. А. Левитский – зав. лабораторий цитологии ИПБиНК) нас вполне удовлетворяет. Мы заинтересованы и генетикой, и филогенетикой, и вообще генетикой, и мы хотели бы, чтобы Вы создали стержень, около которого действительно группировалась бы вся работа в этой части. Понятно, что ни огородники, ни плодоводы, да в значительной мере и полеводы, даже хорошо знающие ту или другую культуру, невежественны в генетике, например Мальцев, Фляксбергер, даже Синская, и поэтому весь центр работы генетического отделения должен быть направлен именно в эту сторону» (Goncharov et al., 2013. P. 208).

Г. Д. Карпеченко был уязвлен и удручен, но с достаточной твердостью отстаивал свои позиции, защищал свой штат и свое право на «хромосомный анализ наших бастардов. Это дело нас самих, без этого в проблемах межвидовой гибридизации мы наделаем глупостей» (Goncharov et al., 2013. P. 210). Его ответные письма директору в этот период, который Н. И. Вавилов позднее назовет «дипломатическими почтами», были порой совсем не дипломатичны.

Но не понимал пока Георгий Дмитриевич механизма изучения разнородного материала, имеющегося в институте, взаимодействия различных лабораторий и характера пересечения интересов сотрудников. Частная генетика культур не привлекала его. «Не характеризуется ли наша дисциплина, генетика, большей глубиной исследования, чем широтой его? Не должен ли всякий, работающий в генетике, сосредоточить свое внимание на очень небольшом числе объектов, но зато знать об них все? Не имеем ли мы «королей» Drosophil'ы, кукурузы, гороха, Antirrhinum? Возможно ли требовать от человека одновременной генетической работы со всеми объектами? Не есть ли это требование - «объять необъятное»? Продуктивна ли такая работа, такое «передавание» материала и тем из одной лаборатории в другую, какое Вы принимаете для института? Я полон желания сделать что-нибудь дельное в генетике, всеми силами хотел бы помочь Вам в работе по институту, был бы счастлив оставить после себя дельных исследователей, а не только сотрудников, и потому очень бы хотел быть уверенным в том, что намечаемая организация работы есть действительно продуктивная и наилучшая», – писал он Н. И. Вавилову (Goncharov et al., 2013. P. 211).

Результатом бессонных ночей стал новый вариант программы генетической лаборатории на предстоящий вегетационный период, к которому ее сотрудники уже деятельно готовились. Он отослал этот вариант в институт и просил разрешения у директора продлить

стажировку. По-видимому, оказался восприимчив молодой заведующий к критике, и новая программа устроила Николая Ивановича. Так или иначе, но в апрельском письме он предложил покончить с «дипломатическими почтами» и уже в довольно мягкой форме напомнил Г. Д. Карпеченко: «На Вас возлагаем большие ожидания и просим Вас быть чутким в этом отношении» (Goncharov et al., 2013. P. 220).

Стажировка Г. Д. Карпеченко продолжилась, и он пробыл в Европе до конца июня. Н. И. Вавилов же всю весну 1926 г. посвятил подготовке к средиземноморской экспедиции. Постоянно испытывая трудности с оформлением виз, получив отказы в египетской и суданской визах, он просил Г. Д. Карпеченко по мере сил поспособствовать ему в этом: «Отказали в визе в Египет и в Судан. Еду в Лондон, чтобы попытаться получить эти визы. Пораспрашивайте в Мертоне, не могут ли мне помочь в этом деле. Мне до зарезу нужно попасть в Египет и Судан, в последний главным образом, чтобы через него пройти в Абиссинию. В Абиссинию мне попасть нужно до зарезу, ибо там решается ряд проблем пшеничных и ячменных. Так вот, поинтервьюируйте до моего приезда. Я Вам, вероятно, пошлю или телеграмму, или открытку из Берлина. Выезжаю я из Москвы 31-го через Ригу, Берлин, Голландию [в] Лондон без задержек. Числа, следовательно, 5-го буду в Лондоне» (Goncharov et al., 2013. P. 224).

Нам не известно, произошла ли их встреча в Лондоне, на которую оба рассчитывали, обмениваясь адресами своих отелей. Известно только, что Н. И. Вавилов прибыл в Лондон вовремя – 5 июня – и пробыл там до 15 июня, занимаясь хлопотами по получению виз в Египет, Иерусалим и Судан. А Георгий Дмитриевич после стажировки в Англии посетил еще лаборатории Франции, Голландии и Австрии.

Г. Д. Карпеченко вернулся в Ленинград в июле 1926 г. полный идей и планов. Однако эти планы, взращенные под впечатлением от европейской генетики, нужно было осуществлять не в фундаментальной академической лаборатории, а в учреждении, которое Н. И. Вавилов задумал как штаб научного растениеводства целой страны. В числе первоочередных задач растениеводства и руководимого им института он видел: «Широкое привлечение сортового материала, испытание его и выделение ценнейшего из того, что есть готового в природе…», а также «синтез новых форм, не существующих в природе» (Vavilov, 1924–1925. P. 6, 12). Исходя из этого, Г. Д. Карпеченко формулирует задачи лаборатории генетики: теоретическое обоснование и экспериментальное использование новых методов создания селекционного материала, его

всестороннее цитогенетическое изучение и дальнейшее использование в практической работе по селекции важнейших сельскохозяйственных культур. Основными темами исследования в его лаборатории того периода становятся отдаленная гибридизация и цитогенетика отдаленных гибридов – продолжение уже начатых им работ, а также экспериментальный мутагенез, разработка методов получения и использования в селекции полиплоидных форм растений (Rigin, 2007).

Буквально через четыре года после описываемых событий Н. И. Вавилов будет характеризовать Г. Д. Карпеченко как «лучшего нашего генетика» (цит. по Schwartz, 2005). Не без его участия получит Г. Д. Карпеченко Рокфеллеровскую стипендию для стажировки в ведущих генетических лабораториях США. В 1929 г. Н. И. Вавилов выдвинет его на Ленинскую премию. По инициативе Вавилова в 1932 г. Георгий Дмитриевич возглавит вновь созданную кафедру генетики растений в Ленинградском университете. Плечом к плечу будут они защищать основы «формальной» генетики и, по сути, вместе взойдут на эшафот. Но это уже события, выходящие за рамки нашей статьи.

Литература/References

Arkhive VIR, op. 2-1, d. 77, l. 4. Komandirovochnoe udostoverenie.

Arkhive VIR, op. 2-1, d. 77, l. 20. Lichnyj listok po uchetu kadrov.

Arkhive VIR, op. 2-1, d. 77, l. 30. Kharakteristika na G. D. Karpechenko.

Arkhive VIR, op. 2-1, d. 77, l. 38. Avtobiografiya.

Filimonov P. N. Half a century chronicle // Bjul. VNIIR im. N. I. Vavilova. 1972. Iss. 24. P. 81–84. (in Russian)

Golubovskii M. D. Genetics Century: the evolution of ideas and concepts. Scientific and historical essays. SPb: Borey Art, 2000. 262 p. (in Russian)

Goncharov N. P., Vishnjakova M. A., Kotelkina I. V., Lassan T. K. Geogrgy D. Karpechenko. 3rd edition, revised and enlarged. 2013. Novosibirsk, Izdatel'stvo SO RAN. 253 p. (in Russian)

Inge-Vechtomov S. G. The story of how Filipchenko was friends with Morgan and sent Dobzhansky to him, how Koltsov sent Timofeev-Ressovsky to Germany and advised Moeller to go to Leningrad to Vavilov and what came of it // Jekologicheskaja genetika. 2004. Vol. 1. N 4. P. 5–11. (in Russian).

Karpechenko G. D. The number of chromosomes and genetic relationships among cultural Cruciferae // Tr. po prikl. botanike i selektsii. 1924a. Vol. 13 (1922–1923). Iss. 2. P. 3–14. (in Russian)

Karpechenko G. D. Hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. // J. Genetics. 1924b. Vol. 14, N 3. P. 375–394.

Karpechenko G. D. Karyological sketch of Trifolium L. genus // Tr. po prikl. botanike i selektsii. 1925a. Vol. 14. Iss. 1. P. 271–279. (in Russian)

Karpechenko G.D. About the chromosomes of common beans species // Tr. po prikl. botanike i selektsii. 1925b. Vol. 14. Iss. 2. P. 143–148. (in Russian)

Korzh V. P. Sergey G. Navashin: two anniversaries // Tsitologiya i genetika. 2008. N 3. P. 3–11. (in Russian)

Ozerov L. A new twist of a road. M.–L.: Sov. Pisatel`, 1965. 112 p. (in Russian)

The scientific legacy of the letters. International correspondence. Vol. 1. M.: Nauka, 1994. 556 p. (in Russian)

Scientific heredity. Vol. 5. Nikolaj Ivanovich Vavilov. From the epistolary heritage. M.: Nauka, 1980. 427 p. (in Russian)

Schwartz A. Then, in Pasadena // «Word/Slovo». 2005. N 47. URL: http://magazines.russ.ru/slovo/2005/47/shv25.html. (Дата обращения: 05.04.2015) (in Russian)

Rigin B. V. G. D. Karpechenko development of genetics in the All-Union Institute of Plant Industry // Trudy po prikl. botanike, genetike i selekcii. 1989. Vol. 128. P. 97–103. (in Russian)

Vavilov N. I. The immediate tasks of plant industry (Plant resources of the Earth and their use) // Tr. po prikl. botanike i selektsii. 1925. Vol. 14. (1924–1925). Iss. 5. P. 1–17. (in Russian)

Zybina S. P. Memories of N. I. Vavilov. M.: FGOU VPO RGAU-MSHA im. K. A. Timirjazeva, 2007. 123 p. (in Russian)

МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ
MOBILIZATION AND CONSERVATION OF CULTIVATED PLANT GENETIC DIVERSITY AND CROP WILD RELATIVES

УДК 581.6:502.752 DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-146-162

ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИАЗОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА

О. В. Зеленская, В. В. Корунчикова
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия,
e-mail: zelenskayaolga-2011@mail.ru

Реферат

Актуальность. Инвентаризация флоры на особо охраняемых территориях позволяет выявлять в ее составе редкие и хозяйственно-ценные виды, находящиеся в родстве с культурными растениями. Приазовский государственный природный заказник федерального значения занимает территорию 42,2 тыс. га в северо-западной части Краснодарского края и входит в водно-болотное угодье международного значения «Дельта Кубани». Флора его изучена недостаточно. **Объект и метод.** Флора и растительность гряд и Азовского побережья заказника стала объектом нашего исследования, которое проводилось маршрутным методом по сезонам года в течение трех лет. **Результаты и выводы.** Видовое разнообразие травяного покрова гряд варьировало в зависимости от рельефа и типа почвы. Растительность гряд можно отнести к луговому типу. Большую часть изученной территории занимали остепненные, засоленные и солонцеватые луга. Для участков вдоль дорог наиболее характерны были тростниково-вейниковое, пырейно-злаковое, осоково-злаковое растительные сообщества, для засоленных участков – лебедово-солеросовое. В составе флоры было зарегистрировано 29 видов диких родичей культурных растений (ДРКР) из 23 родов и 7 семейств. Наибольшее разнообразие видов представлено в семействах Fabaceae (12 видов) и Poaceae (11 видов). Изучение экологических характеристик ДРКР выявило преобладание светолюбивых растений (83%), нетребовательных к богатству почв. По отношению к субстрату растения в основном солеустойчивые, так как приурочены к засоленным и солонцеватым лугам и приморской прибрежной полосе. По практической значимости доминируют родичи кормовых растений (70%), реже встречаются пищевые (21%). Четыре вида растений применяют как лекарственные, шесть видов являются медоносами. Ранжирование видов по хозяйственной ценности и экономической значимости показало, что большинство растений (72%) относятся к первому рангу и являются

культивируемыми. На территории заказника обнаружено пять редких видов растений, один из которых – катран морской (*Crambe maritime* L.) – является пищевым. Популяции катрана полночленные, но плотность их низкая из-за антропогенного воздействия в приморской зоне. При выделении приоритетных к сохранению видов ДРКР на территории заказника с учетом их распространения следует отметить редко встречающиеся виды: *C. maritime*, *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *Beckmannia eruciformis* (L.) Host и все виды рода *Medicago* L.

Ключевые слова: дикие родичи, культурные растения, природная флора, популяция, редкие растения, меры охраны.

WILD RELATIVES OF CULTIVATED PLANTS IN THE TERRITORY OF THE PRYAZOVSKY STATE NATURAL RESERVE

O. V. Zelenskaya, V. V. Korunchikova
Kuban State Agrarian University,
Krasnodar, Russia, e-mail: zelenskayaolga-2011@mail.ru

Abstract

Relevance: Flora inventory in the protected areas allows identification of rare and economically valuable species related to the cultivated plants. Pryazovsky State Natural Reserve of federal significance occupies 42.2 thousand hectares in the North-Western part of Krasnodar region and is a part of the wetland of international importance "Delta of Kuban". Its flora has not been studied sufficiently. **Object and method:** Flora and vegetation of the ridges and the Azov sea coast of the Natural Reserve became the object of our study which was conducted by the routing method according to the seasons of the year for three years. **Results and conclusions:** The species diversity of the ridges' herbaceous cover varied depending on topography and soil type. In general, the vegetation of the ridges can be attributed to the meadow type. A large part of the studied territory was occupied by steppe, saline and alkaline meadows. The areas along the roads were occupied by the most characteristic associations like reed-woodreed, couch grass-grass, sedge-grass, and the saline patches are characterized by coastal saltbrush-saltwort association. The studied flora includes 29 species of crop wild relatives (CWR) belonging to 23 genera and 7 families. The *Fabaceae* contains the highest number of the species (12), the *Poaceae* is the next (11). The study of the ecological characteristics of CWR revealed a predominance of heliophilious plants (83%) that do not need rich soils. In relation to the substrate the plants are mainly salt-tolerant as they are confined to saline and alkaline meadows and seaside coastal strip. Relatives of forage plants (70%) dominate among the plants of the practical relevance, edible plants (21%) are less common. Four species of plants are used as medicinal, 6 species are sources of honey. The

ranking of species according to economic significance show that the majority of plants (72%) belong to the first rank and are cultivated. There are 5 rare plant species found in the reserve, one of them is spiny dogfish sea (*Crambe maritime* L.) is an edible plant. The populations of *Crambe* are well developed but their density is low due to anthropogenic impacts in the coastal area. While allocating priority to the conservation of species of CWR in the reserve according to their distribution it should be noted the presence of therare species *C. maritime*, *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *Beckmannia eruciformis* (L.) Host and all species of *Medicago* L. genus.

Key words: wild relatives, cultivated plants, natural flora, population, rare plants, protection measures.

Введение

Краснодарский край представляет собой уникальную территорию, отличающуюся разнообразием природных условий и ресурсов. Здесь расположены ценные природные комплексы, имеющие разный статус и, соответственно, особый режим охраны. Эти объекты имеют высокое природоохранное, научное и просветительское значение и образуют систему особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Действующая система ООПТ Краснодарского края включает в себя государственные заповедники, национальные природные и дендрологические парки, ботанические сады, заказники, памятники природы, а также лечебно-оздоровительные местности и курорты регионального и федерального значения. На западе края вдоль побережья Азовского моря расположены водно-болотные угодья международного значения «Дельта Кубани». Они занимают площадь около 173 тыс. га и включают группу лиманов между реками Кубань и Протока и Ахтаро-Гривенскую систему лиманов Восточного Приазовья. Эта территория с наименее трансформированными местообитаниями является местом гнездования многих видов птиц, в том числе и редких (каравайки, колпицы, кулик-ходулочник), поэтому здесь организованы зоологические заказники.

Приазовский государственный природный заказник федерального значения был создан в 1958 г. на территории 42,2 тыс. га в северо-западной части Краснодарского края. Вся территория заказника входит в водно-болотное угодье «Дельта Кубани». Заказник предназначен для охраны водоплавающих птиц, кабана, ондатры, выдры, а также уникальных плавнево-лиманных ландшафтов Приазовья с комплексами водно-болотной, степной, солончаковой и луговой растительности.

Значимость любой ООПТ заключается в сохранении не только редких видов, но и видов, обладающих ценными хозяйственными свойствами, таких, например, как дикие родичи культурных растений (ДРКР). Большинство видов ДРКР не являются редкими или уязвимыми и не взяты под специальную охрану, поэтому основными и наиболее надежными резерватами для сохранения их генофонда становятся охраняемые природные территории различного ранга, на которых данные виды произрастают. Сохранение *in situ* предполагает сохранение таких видов в естественных, сравнительно ненарушенных экосистемах (Katalog…, 2005).

Выявление ДРКР во флоре ООПТ России различного ранга проводилось многими учеными с целью уточнения их видового состава, мест обитания, обилия, состояния популяций (Gukov et al., 2009; Mel'nikova, 2009; Serova, Panin, 2009). Важным результатом данных исследований явилась разработка системы мониторинга состояния популяций важнейших видов ДРКР и редких растительных сообществ с целью сохранения генофонда растительных ресурсов (Ivashhenko, 2009). Подобные исследования на территории Приазовского государственного природного заказника ранее не проводились, поэтому в процессе изучения флоры и растительности данной ООПТ мы определили видовой состав и состояние популяций некоторых наиболее значимых в хозяйственном отношении ДРКР.

Материалы и методы

Приазовский государственный природный заказник расположен в западной части Славянского района Краснодарского края на Кубано-Приазовской низменности. Северная граница заказника проходит по р. Протоке, западная – по восточному побережью Азовского моря, южная – по дороге от ст. Черноерковской до урочища Кучугуры, восточная – по магистральным каналам рисовых систем. Основная территория заказника занята плавнями (25,2 тыс. га) и мелководными лиманами (9,9 тыс. га), остальные площади занимают гряды, степи, солончаки и ерики (Slavjansk-na-Kubani…, 1995). Плавни представляют собой заболоченную местность, покрытую в основном монодоминантным сообществом тростника. На грядах, прирусловых повышениях ериков, располагаются немногочисленные объекты инфраструктуры (населенные пункты, дороги) и залежи. Самые крупные лиманы заказника – Глубокий (глубина в среднем 175 см); Долгий, Сладкий, Горький, Дурной (глубина

120–150 см). Остальные лиманы мелководны, глубина их составляет 70–90 см. Минерализация вод в дельтовых лиманах варьирует от 0,4 до 7,0%. Сладковская группа лиманов имеет пресную воду, а Горьковская – соленую. Лиманы связаны между собой узкими гирлами шириной 8–10 м, ериками и каналами. Часть территории плавней и лиманов (Лозоватый, Мусициевский) осушена и используется под посевы сельскохозяйственных культур, таких как рис и кукуруза. Это обеспечивает хорошую кормовую базу для птиц.

Контакт моря и рек со степью создали в заказнике уникальное сочетание физических условий. Климат умеренно континентальный с недостаточным увлажнением. Среднегодовая температура воздуха 10,5°С. Продолжительность безморозного периода 205–220 дней. Среднегодовое количество осадков 450–560 мм. Рельеф плоский, абсолютные высоты над уровнем моря не превышают 10 м. Типичные элементы рельефа – русла ериков, прирусловые гряды, межгрядовые понижения, искусственные каналы, а у Азовского моря – песчаные и ракушечные бары. Уровень залегания грунтовых вод высокий – 0–4 м. Грунтовые воды местами сливаются с поверхностными, образуя топи.

Современная дельта р. Кубани сложена четвертичными отложениями. В ее пределах почвы – аллювиальные, по механическому составу это глины, супеси и пески; в приморской зоне – песчано-ракушечные. Почвы здесь слаборазвиты, гумус почти отсутствует. Прибрежно-морскую полосу занимают приморские солончаки. Для приморско-лиманной полосы характерны солончаки луговые и лугово-болотные. В центральной части Приазовских плавней почвы болотные или плавневые: торфяные, торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые (содержание гумуса 3,2–4,5%) (Val'kov et al., 1996).

Основной тип растительности заказника – плавневый, где определяющая роль принадлежит тростнику южному – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Вследствие труднодоступности плавней растительность на данной территории изучена недостаточно. Флора и растительность гряд и побережья стала объектом нашего исследования, которое проводилось маршрутным методом по сезонам года в течение трех лет. Виды растений определяли с помощью «Определителя высших растений Северо-Западного Кавказа и Предкавказья» И. С. Косенко (Kosenko, 1970) и «Флоры Северо-Западного Кавказа» А. С. Зернова (Zernov, 2006), названия видов приведены в соответствии со сводкой С. К. Черепанова (Cherepanov, 1995). Для описания ДРКР использовали «Каталог мировой коллекции ВИР: Дикие родичи культурных растений

России» (Katalog …, 2005) и интернет-ресурс «Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения» (Afonin et al., 2008). Для изучения динамики растительности на территории заказника под влиянием хозяйственной деятельности человека за последние 100 лет применили исторический подход.

Результаты и обсуждение

История формирования дельты р. Кубани тесно связана с антропогенной деятельностью. Первые поселения на этой территории относятся к III тысячелетию до н. э. – времени позднего палеоцена. Первоначально примитивная система земледелия не оказывала значительного преобразующего действия на ландшафты. И только в конце XVIII века, когда началось освоение Кубани казаками, селившимися вдоль водных артерий – Кубани, Протоки, многочисленных ериков, дельтовые территории были активно вовлечены в сферу хозяйственного использования. В первую очередь под пашню занимали гряды с легкими почвами. С середины XIX века, когда неосвоенных гряд почти не осталось, было начато окультуривание межгрядовых пространств с тяжелыми почвами и обвалование русел Кубани и Протоки. Однако вмешательство человека в естественные природные процессы в дельте р. Кубани привело к негативным последствиям: засолению почв и грунтовых вод, превращению пашни в понижениях в солончаковые луга, минерализации воды в лиманах и, как следствие, угасанию их роли как нерестилищ и сокращению популяций пресноводных рыб.

В 20-х гг. XX века начались действия по стабилизации и улучшению сложившейся экологической ситуации. Производилась расчистка русел и обводнение угасших ериков и рукавов. Для обеспечения постоянной подачи воды на них строились гидротехнические сооружения. Прокладывались каналы для подачи воды из р. Кубани в засоляющиеся лиманы для их опреснения. Первые описания растительности Приазовских плавней с целью уточнения запасов хозяйственно-ценных видов были проведены в ходе экспедиции в 1919 г. И. С. Косенко. Он отмечал необыкновенную бедность растительности тростниковых и тростниково-вейниковых плавней. Растительность гряд относил к луговому типу, отмечая отсутствие древесно-кустарниковых растений. С точки зрения хозяйственной ценности эта территория была классифицирована им как выгон низкого качества (Kosenko, 1926).

Обвалование р. Протоки в 1930 г. прекратило свободный приток пресной воды из реки в плавневую зону и обусловило интенсивное осушение по всей периферической части. Наряду с этим, благодаря уменьшению напора поверхностной воды, открылся более свободный доступ токам морской воды, проникающей сквозь торфянистую массу органических плавневых образований. Это обусловило засоление части заболоченной местности вблизи некогда пресноводных лиманов Глубокий и Долгий. К этому времени часть плавней переживала процесс регрессии в связи с изменением водного режима. Осолонение лиманов привело к дефициту пресной воды, годной для питья. В результате осушения одних лиманов и осолонения других плавневые ассоциации отступили вглубь болотного массива. На территориях, прилегающих к Азовскому морю, они замещались солончаковатой и солонцеватой растительностью, в удалении от моря – луговой и лугово-степной. Вследствие быстрого усыхания и осолонения (5–6 лет) ассоциации галофильной и лугово-степной растительности развивались в том же месте и одновременно с типичными представителями гидрофильной плавневой растительности. Периферические части плавней население нерационально использовало под выпас скота. На уже распаханных участках территории естественная растительность была уничтожена целиком, а на смену ей пришли сегетальные и рудеральные растения (Kosenko, 1934).

В 1930 г. флористическое описание растительного покрова дельты реки Кубани сделал А. Ф. Флеров. Он представил список растений для указанного района, состоящий из 535 видов цветковых и высших споровых растений (Flerov, 1930). Растительность Приазовских лиманов и плавней изучалась также в ходе экспедиций, организованных учеными Главного ботанического сада (1928) и Ботанического института АН СССР (1938) для определения промышленных запасов некоторых видов растений, пригодных для хозяйственного использования (Shiffers, 1928). Впоследствии изучение флоры и растительности кубанских лиманов было продолжено А. Г. Шеховым (Shekhov, 1972). По его данным, травянистая растительность лиманов насчитывает 103 вида растений, а по грядам и валам произрастает более 150 видов, 70 из которых – растения-красители. Однако эти данные приводятся для всей территории водно-болотного угодья «Дельта Кубани». После организации в 1958 г. Приазовского государственного природного заказника инвентаризация флоры на данной территории не проводилась.

В настоящее время заказник подвержен антропогенному влиянию: здесь ведется газодобыча, выращиваются сельскохозяйственные культуры, развито рыбное хозяйство, выпасается скот местных жителей. На территории заказника расположено 10 населенных пунктов с общей численностью населения около 7,5 тыс. человек. В 1990 г. пожар, вспыхнувший из-за неосторожного обращения человека с огнем, уничтожил растительность плавней в заказнике на территории 4 тыс. га. Это привело к гибели животных и уничтожению ряда мест их обитания (Slavjansk-na-Kubani…, 1995).

Сельскохозяйственные угодья расположены на северо-востоке заказника и в его буферной зоне и представлены рисовыми чеками. Рис в плавневой зоне используют как культуру-мелиорант для предотвращения процессов вторичного засоления. Кроме того, рисовые поля служат кормовой базой для птиц, в том числе и в зимний период.

На первом этапе исследования на территории заказника нами была изучена флора и растительность гряд вдоль дорог, соединяющих населенные пункты, базы отдыха, сельскохозяйственные и рыбохозяйственные предприятия. Доступной для изучения оказалась только узкая полоса шириной 5–20 м по обе стороны дорог, проложенных вдоль водных объектов – каналов, ериков, лиманов, – а также прибрежная полоса вдоль Азовского моря. Остальная часть территории заболочена и покрыта в основном монодоминантным сообществом тростника. Видовое разнообразие травяного покрова гряд сильно варьировало в зависимости от рельефа и типа почвы. В целом растительность гряд можно отнести к луговому типу. Большую часть изученной территории занимали остепненные, засоленные и солонцеватые луга. Для участков вдоль дорог наиболее характерны были тростниково-вейниковое, пырейно-злаковое, осоково-злаковое растительные сообщества, для засоленных участков – лебедово-солеросовое.

В результате проведенных исследований на территории Приазовского государственного природного заказника было зарегистрировано 29 видов диких родичей культурных растений из 23 родов и 7 семейств. По числу видов наиболее многочисленны семейства Fabaceae Lindl. (12 видов) и Poaceae Barnh. (11 видов). На долю этих двух семейств приходится 80% ДРКР заказника. Семейство Rosaceae Juss. представлено двумя видами, остальные – одним видом. Род *Medicago* L. включает четыре вида, роды *Lotus* L., *Melilotus* Mill. и *Poa* L. – по два, остальные роды представлены только одним видом (табл. 1).

Таблица 1. Дикие родичи культурных растений (Приазовский государственный природный заказник)

№	Семейство	Название вида (по Черепанову, 1995)	Жизненная форма	Экологическая характеристика
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Класс Magnoliopsida (Двудольные)				
1	Apiaceae Сельдерейные	*Daucus carota* L. Морковь обыкновенная	Двулетник или многолетник, гемикриптофит	Ксеромезофит Эвтроф Гелиофит
2	Asteraceae Астровые	*Cichorium intybus* L. Цикорий обыкновенный	Многолетник, гемикриптофит	Ксеромезофит Мезоэвтроф Гелиофит
3	Brassicaceae Капустные	*Crambe maritime* L. Катран морской, морская капуста	Многолетник, гемикриптофит	Ксеромезофит Мезотроф Гелиофит Галофит
4	Elaeagnaceae Лоховые	*Elaeagnus angustifolia* L. Лох узколистный	Кустарник или дерево, фанерофит	Ксеромезофит Мезотроф Гелиофит Галофит
5	Fabaceae Бобовые	*Galega officinalis* L. Козлятник лекарственный	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Мезоэвтроф Сциогелиофит
6		*Lathyrus tuberosus* L. Чина клубненосная	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Мезоэвтроф Сциогелиофит
7		*Lotus corniculatus* L. Лядвенец рогатый	Многолетник, гемикриптофит	Ксеромезофит Мезоэвтроф Гелиофит
8		*L. tenuis* Waldst. & Kit. ex Willd. Лядвенец тонкий	Многолетник, гемикриптофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
9		*Medicago caerulea* Less. ex Ledeb. Люцерна голубая	Многолетник, криптофит, геофит	Ксеромезофит Мезотроф Гелиофит
10		*M. falcata* L. Люцерна серповидная	Многолетник, криптофит, геофит	Ксеромезофит Мезоэвтроф Сциогелиофит

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
11		*M. lupulina* L. Люцерна хмелевидная	Однолетник, терофит или гемикриптофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
12		*M. sativa* L. Люцерна посевная	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Мезоэвтроф Гелиофит
13		*Melilotus albus* Medik. Донник белый	Двулетник, гемикриптофит	Ксеромезофит Олигомезотроф Гелиофит
14		*M. officinalis* (L.) Pall. Донник лекарственный	Двулетник, гемикриптофит	Ксеромезофит Мезоэвтроф Сциогелиофит
15		*Trifolium pratense* L. Клевер луговой	Многолетник, гемикриптофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
16		*Vicia hirsuta* (L.) S. F. Gray Горошек волосистый	Однолетник, терофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
17	Rosaceae Розовые	*Prunus spinosa* L. Слива колючая, терн	Кустарник или небольшое дерево фанерофит	Ксеромезофит Мезотроф Гелиофит Кальцефит
18		*Rubus caesius* L. Ежевика обыкновенная	Кустарник, фанерофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
		Класс Liliopsida (Однодольные)		
19	Poaceae Мятликовые	*Aegilops cylindrica* Host Эгилопс цилиндрический	Однолетник, терофит	Ксеромезофит Мезотроф Гелиофит Галофит
20		*Alopecurus pratensis* L. Лисохвост луговой	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
21		*Beckmannia eruciformis* (L.) Host Бекмания обыкновенная	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
22		*Bromus mollis* L. Костер мягкий	Однолетник, терофит	Мезофит Эвтроф Гелиофит
23		*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. Ежовник обыкновенный	Однолетник, терофит	Мезогигрофит Мезоэвтроф Гелиофит

окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
24		*Elytrigia elongata* (Host) Nevski Пырей удлиненный	Многолетник, гемикриптофит	Ксеромезофит Мезотроф Гелиофит Галофит
25		*Festuca pratensis* Hudson Овсяница луговая	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Мезоэвтроф Гелиофит
26		*Leymus racemosus* ssp. *sabulosus* (Bieb.) Tzvel. Колосняк черноморский	Многолетник, криптофит, геофит	Ксеромезофит Олигомезотроф Гелиофит Псаммофит
27		*Lolium perenne* L. Плевел многолетний	Многолетник, гемикриптофит	Мезофит Мезотроф Гелиофит
28		*Poa pratensis* L. Мятлик луговой	Многолетник, гемикриптофит	Мезофит Мезоэвтроф Гелиофит
29		*P. trivialis* L. Мятлик обыкновенный	Многолетник, криптофит, геофит	Мезофит Мезотроф Сциогелиофит

В спектре жизненных форм преобладают многолетние травянистые растения (66%): криптофиты, геофиты и гемикриптофиты (10 и 9 видов соответственно). 7 видов (24%) – малолетние растения: гемикриптофиты или терофиты. 3 вида (10%) относятся к древесно-кустарниковым (фанерофитам). Наиболее распространенным древесным растением на изучаемой территории является заносной вид азиатского происхождения лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.), устойчивый к засолению почв и произрастающий вдоль дорог, в поселках и на морском побережье. Это растение встречается как в искусственных насаждениях, так и в натурализовавшемся виде спорадически по всей территории заказника. Терн (*Prunus spinosa* L.) и ежевика (*Rubus caesius* L.) встречаются редко по обочинам дорог.

Большинство многолетних травянистых растений (17 видов из 19) характерно для различного типа лугов, расположенных вдоль каналов и ериков, а также на окраинах населенных пунктов. Преобладание среди них растений, имеющих кормовое значение, обусловило использование местными жителями этих территорий под выпас скота. Два вида многолетних травянистых растений *Crambe maritime* L. и *Leymus racemosus* ssp. *sabulosus* (Bieb.) Tzvel. отмечены только на побережье Азовского моря на песчано-ракушечных почвах.

Однолетние растения диких родичей встречаются как правило только по обочинам дорог в северо-восточной части заказника, где разрешено выращивание сельскохозяйственных культур. Одно из них – *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. является злостным сорняком рисовых полей, а такие растения, как *Aegilops cylindrica* Host и *Medicago lupulina* L. характерны для растительных сообществ на валах рисовых систем.

Изучение экологических характеристик ДРКР выявило преобладание светолюбивых растений (83%), нетребовательных к богатству почв. Мезотрофы представлены 15 видами (52%); мезоэвтрофы – 10 видами (35%); растения, приуроченные к бедным почвам (олигомезотрофы) и почвам, богатым органическим веществом (эвтрофы), содержат по два вида. По отношению к влаге примерно поровну растений влаголюбивых, растущих на периодически подтапливаемых лугах (55%), и относительно засухоустойчивых, встречающихся вдоль дорог на грядах (45%). По отношению к субстрату растения в основном солеустойчивые, так как приурочены или к засоленным и солонцеватым лугам, или к приморской прибрежной полосе.

Важной характеристикой ДРКР, обусловливающей их приоритет к сохранению в местах произрастания, является хозяйственная значимость растений, использование их для культивирования и в селекционных программах.

На следующем этапе исследования была проведена оценка видов ДРКР, обнаруженных на территории Приазовского заказника, по критериям их приоритетности и возможности использования в хозяйственной и научной практике с указанием ранга по степени родства с культурными растениями согласно «Каталогу мировой коллекции ВИР: Дикие родичи культурных растений России» (Katalog …, 2005). Результаты показали, что по практической значимости доминируют родичи кормовых растений (70%), реже встречаются пищевые растения (21%), четыре вида растений применяют как лекарственные, шесть видов являются медоносами (табл. 2).

Такие растения семейства Fabaceae, как *Galega officinalis* L., *Lotus corniculatus* L., *Melilotus albus* Medik. применяют в качестве зеленого удобрения для улучшения структуры почвы. *Medicago sativa* L. выращивают в рисовом севообороте для повышения плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения в буферной зоне заказника. Кроме того, это растение встречается в составе злаково-бобовых

растительных сообществ на грядах и по обочинам дорог. Среди ДРКР заказника только два вида имеют техническое значение.

Таблица 2. Хозяйственное значение диких родичей культурных растений (Приазовский государственный природный заказник)

№ п/п	Название вида	Хозяйственное значение	Ранг
1	*Daucus carota* L.	Пищевое, лекарственное	1
2	*Cichorium intybus* L.	Пищевое, медонос, лекарственное	1
3	*Crambe maritime* L.	Пищевое	1
4	*Elaeagnus angustifolia* L.	Пищевое, декоративное, лекарственное, техническое	1
5	*Galega officinalis* L.	Кормовое, лекарственное, медонос	3
6	*Lathyrus tuberosus* L.	Кормовое, декоративное	5
7	*Lotus corniculatus* L.	Кормовое	1
8	*L. tenuis* Waldst. & Kit. ex Willd.	Кормовое	4
9	*Medicago caerulea* Less. ex Ledeb.	Кормовое	1
10	*M. falcata* L.	Кормовое	1
11	*M. lupulina* L.	Кормовое	1
12	*M. sativa* L.	Кормовое	1
13	*Melilotus albus* Medik.	Медонос, фитомелиорант	1
14	*M. officinalis* (L.) Pall.	Медонос, лекарственное, техническое	1
15	*Trifolium pratense* L.	Кормовое	1
16	*Vicia hirsuta* (L.) S. F. Gray	Кормовое	3
17	*Prunus spinosa* L.	Пищевое, медонос, декоративное	1
18	*Rubus caesius* L.	Пищевое, медонос	1
19	*Aegilops cylindrica* Host	Кормовое	2
20	*Alopecurus pratensis* L.	Кормовое	1
21	*Beckmannia eruciformis* (L.) Host	Кормовое	1
22	*Bromus mollis* L.	Кормовое	4
23	*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.	Кормовое	4
24	*Elytrigia elongata* (Host) Nevski	Кормовое	1
25	*Festuca pratensis* Hudson	Кормовое	1
26	*Leymus racemosus* ssp. *sabulosus* (Bieb.) Tzvel.	Фитомелиорант	5
27	*Lolium perenne* L.	Кормовое	1
28	*Poa pratensis* L.	Кормовое	1
29	*P. trivialis* L.	Кормовое	1

Так, *Melilotus officinalis* (L.) Pall. используется в ликеро-водочной и табачной промышленности благодаря высокому содержанию кумаринов. *Elaeagnus angustifolia* – одно из самых широко используемых человеком растений из всех нами изученных, содержит камедь и поэтому его применяют в лако-красочной и текстильной промышленности. Растения, относящиеся к роду *Melilotus*, и злак *Leymus racemosus* ssp. *sabulosus* можно использовать в качестве фитомелиорантов для закрепления песчаных эродированных почв. Колосняк, или волоснец черноморский встречается в заказнике по всему побережью Азовского моря в составе псаммофильной растительности. Несколько экземпляров отмечено также в устье реки Протоки вблизи села Ачуево на вынесенных на поверхность песчано-ракушечных почвах.

Среди кормовых представляют особый интерес растения, устойчивые к засолению почв: *Elytrigia elongate* (Host) Nevski, *Beckmannia eruciformis* (L.) Host, *Lotus tenuis* Waldst. & Kit. ex Willd. и другие. Пырей удлиненный растет полосой вдоль грунтовой дороги, ведущей от станицы Черноерковской к урочищу Кучугуры, а также образует дерновины на засоленных лугах в сообществе с пыреем азовским – *Elytrigia maeotica* (Prokud.) Prokud. Анализ водной вытяжки почвы в местах произрастания пыреев показал, что pH составляет 8,0–8,2, характер засоления хлоридно-сульфатный.

Ранжирование видов по хозяйственной ценности и экономической значимости показало, что большинство растений (72%) относятся к первому рангу и являются культивируемыми. Один вид – *Aegilops cylindrica* – относится ко второму рангу и используется в селекции мягкой пшеницы. К третьему и пятому рангам относятся по два вида диких родичей, к четвертому – три вида. Такое значительное преобладание в природных экосистемах заказника ДРКР, введенных в культуру и имеющих сорта, можно объяснить благоприятными условиями произрастания в охраняемой зоне, незначительным вмешательством человека, а также недостаточностью проведенных исследований для полной инвентаризации флоры Приазовского государственного природного заказника. Возможно, менее значимые растения не были учтены на первом этапе исследований, но работы в этом направлении будут продолжены.

На территории заказника обнаружено пять редких видов растений, три из которых имеют хозяйственную ценность. Так, два вида редких растений являются пищевыми: катран морской (*Crambe maritime*), встречающийся повсеместно на приморских песках, и чилим, или водяной орех азовский (*Trapa maeotica* Woronow), отмеченный в

искусственном канале в 5 км от берега Азовского моря, где образует сплошные заросли. Кендырь сарматский (*Trachomitum sarmatiense* Woodson), популяция которого отмечена на окраине хутора Слободка, может использоваться как техническое растение (прядильное) и применяется в народной медицине как лекарственное благодаря содержанию в корневищах сердечных гликозидов.

Из общего числа редких видов к ДРКР относится только один – представитель семейства Brassicaceae катран морской, или морская капуста. Это средиземноморско-атлантический литоральный вид, произрастающий в зоне интенсивного рекреационного использования и хозяйственного освоения. *Crambe maritime* внесен в «Красную книгу Краснодарского края», категория 2 – уязвимый вид (Red book…, 2007). Катран отличается узкой экологической пластичностью. На территории заказника вид встречается повсеместно в литоральной зоне в составе галофильной и псаммофильной растительности в сообществе с полынью, латуком татарским, волоснецом черноморским, синеголовником морским. Из древесных растений на участках, где растет катран, отмечен только лох узколистный. Популяции катрана полночленные, но плотность их низкая. Причина в том, что места обитания *C. maritime* подвержены антропогенному влиянию. На территории заказника размещены два специально оборудованных пляжа и несколько баз отдыха, что оказывает значительное воздействие на популяции этого растения, так как они произрастают непосредственно в приморской полосе. Генеративные особи катрана на пляже отсутствуют.

Необходимо ввести дополнительные меры охраны в урочище Кучугуры, на тех участках побережья, где катран морской произрастает в сообществе с другим уязвимым видом синеголовником морским (*Eryngium maritimum* L.), внесенным в «Красную книгу РСФСР» (Krasnaja kniga…, 1988). Кроме того, необходимо запретить проезд транспортных средств по литоральной полосе к пляжу от села Ачуево.

Существующая на сегодняшний день система охраны в Приазовском государственном природном заказнике и водно-болотном угодье «Дельта Кубани» недостаточно разработана для сохранения растительных ресурсов, в том числе и ДРКР. При выделении приоритетных к сохранению видов ДРКР на территории заказника с учетом их распространения следует отметить редко встречающиеся виды *Crambe maritime*, *Elytrigia elongata*, *Beckmannia eruciformis*, *Lotus tenuis*, а также все виды рода *Medicago*. Необходимо разработать систему мониторинга за состоянием популяций этих видов растений.

Заключение

На современном этапе вопросы изучения и сохранения растительных ресурсов приобретают особую значимость. Введение в культуру новых растений не только дает возможность получить больше продукции, но и способствует сохранению и даже расширению генофонда. Метод сохранения растений *in situ* на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) различного ранга является актуальным, но недостаточно широко применяемым на практике. Инвентаризация флоры на особо охраняемых территориях позволяет выявлять в ее составе не только редкие, но и хозяйственно-ценные виды, находящиеся в родстве с культурными растениями и использующиеся в селекционной работе. Освоение обширных территорий в результате человеческой деятельности ведет к сокращению численности популяций таких растений из-за их высокой востребованности и пригодности к использованию.

Приазовский государственный природный заказник федерального значения является одной из ООПТ Краснодарского края и предназначен для охраны в первую очередь водоплавающей птицы. Однако уникальные физико-географические условия данной территории привели к формированию в дельтах рек Кубани и Протоки и на побережье Азовского моря плавнево-лиманных и литоральных ландшафтов с растительностью, в состав которой входят наиболее ценные в хозяйственном отношении виды ДРКР, особенно кормовые травы. Низкая рекреационная нагрузка на побережье Азовского моря и прилегающие территории связана не только с режимом охраны, но и малой населенностью и трудной доступностью заболоченных участков плавней. Это позволяет обеспечить сохранение генетических ресурсов и изучение природных популяций широко используемых в культуре растений.

Литература/References

Afonin, A. N., Greene S. L., Dzyubenko N. I., Frolov A.N. (eds.). 2008. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds [Online]. Available at: URL: http://www.agroatlas.ru. (Дата обращения: 15.04.2015)

Cherepanov S. K. Vascular plants of Russia and adjacent states (within the boundaries of the former USSR). SPb: Mir i Sem'ja, 1995. 990 p. (in Russian)

Flerov A. F. Types of vegetation in delta of Kuban and Anapka rivers // Tr. SKA NII. 1930. N 83. P. 15–21.

Gukov A. Ju., Vishnevskaja O. N., Karlova A. V. et all. To ecology of wild-growing relatives of cultivated plants in Northern Verkhoyanie // Materialy konferencii, posvjashhennoj 120-letiju so dnja rozhdenija E. N. Sinskoj. Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij. Problemy jevoljucii i sistematiki kul'turnyh rastenij. SPb., 2009. P. 268–270. (in Russian)

Ivashhenko A. A. Crop wild relatives genofond conservation in Ile-Alataussky State National Natural Park // Materialy konferencii, posvjashhennoj 120-letiju so dnja rozhdenija E. N. Sinskoj. Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij. Problemy jevoljucii i sistematiki kul'turnyh rastenij. SPb., 2009. P. 291–294. (in Russian)

Katalog mirovoj kollekcii VIR: Dikie rodichi kul'turnyh rastenij Rossii. Iss. 766. SPb., 2005. 54 p. (in Russian)

Kosenko I. S. To the knowledge of vegetation of estuaries and marshes of Priazovsky coastal area of Kuban region // Tr. KubSKhI. 1926. Vol. 1. Iss. 2. P. 93–111. (in Russian)

Kosenko I. S. The materials to the knowledge of ecological and geographical nature of Priazovsky marshes // Tr. Vses. centr. stancii ris. hoz-va. 1934. Iss. V. P. 85–145. (in Russian)

Kosenko I. S. Determinant of higher plants North-Western Caucasus and Ciscaucasia. M.: Kolos, 1970. 613 p. (in Russian)

Krasnaja kniga RSFSR (rastenija) M.: Rosagropromizdat, 1988. 590 p. (in Russian)

Mel'nikova A. B. Wild relatives of cultural plants in the flora of Bolshekhekhtsyrski State Forestreserve (Khabarovsky region), their current condition // Materialy konferencii, posvjashhennoj 120-letiju so dnja rozhdenija E. N. Sinskoj. Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij. Problemy jevoljucii i sistematiki kul'turnyh rastenij. SPb., 2009. P. 345–348. (in Russian)

Red book of Krasnodar region (plants and fungi) / pod red. S. A. Litvinskoj. 2-e izd. Krasnodar, 2007. 640 p. (in Russian)

Serova L. A., Panin A. V. Wild growing relatives of cultured plants in National Park «Khvalynskiy» // Materialy konferencii, posvjashhennoj 120-letiju so dnja rozhdenija E. N. Sinskoj. Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij. Problemy jevoljucii i sistematiki kul'turnyh rastenij. SPb., 2009. P. 372–373. (in Russian)

Shekhov A. G. Ecological features of plants of the Kuban estuaries // Jekologija. 1972. N 3. P. 81–82. (in Russian)

Shiffers E. V. A brief outline of vegetation of Priazovsky estuaries and marshes of the lower reaches of the Kuban river and the way of its economic utilizability // Izvestija GBS. M., 1928. P. 23–38. (in Russian)

Slavjansk-na-Kubani i Slavjanskij rajon. Stranicy istorii. Krasnodar: Sovetskaja Kuban', 1995. P. 162–173. (in Russian)

Val'kov V. F., Shtompel' Ju. A., Trubilin I. T. The soils of Krasnodar region, its use and protection. R/nD SKCVSh, 1996. P. 106–126. (in Russian)

Zernov A. S. Flora of the North-Western Caucasus. M.: T-vo nauch. izd. KMK, 2006. 664 p. (in Russian)

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ
STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

УДК 632.15:502.175 DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-163-176

АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ МЕДЬЮ И ФИТОРЕМЕДИАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

С. Г. Великсар[1], С. С. Лисник[1], Д. Н. Братко[2], С. И. Тома[1]
[1]Институт генетики, физиологии и защиты растений,
Республика Молдова, Кишинев, Молдова, e-mail: dechevas@rambler.ru
[2]Научно-практический институт садоводства, виноградарства и пищевых технологий,
Республика Молдова, Кишинев, e-mail: bratco@gmail.com

Реферат

Актуальность. Следствием многократного применения различных пестицидов для борьбы с болезнями и вредителями на многолетних насаждениях (сады и виноградники) является аккумуляция избыточных концентраций меди (Cu) и других тяжелых металлов в почве и в органах растений. В золе всех органов старых виноградных кустов и в почве обнаружена избыточная аккумуляция Cu, намного превышающая допустимые концентрации элемента в тканях растений. Почвы с такой высокой концентрацией меди после раскорчевки многолетних насаждений не могут быть использованы для выращивания других культур без предварительной подготовки. **Материалы и методы**. В условиях водной и почвенной культуры проведено изучение некоторых морфофизиологических параметров ряда растений в видовом и сортовом аспекте, необходимых для уточнения особенностей механизмов адаптации растений при высоких концентрациях Cu и разработки способов ее фитоэкстракции. **Основные результаты**. Избыток Cu в питательной среде повышает его содержание в органах растений, препятствует транспорту Fe, Mn и Zn в надземные органы, ингибирует рост и развитие растений. Основная часть поступившей в растения меди аккумулируется в корнях. Токсичность Cu значительно более выражена в условиях водной культуры, чем почвенной, что можно объяснить высокими буферными свойствами почвы, значительным накоплением металла в корнях и слабым транспортом его в надземную часть растений. Избыток Cu приводит к изменениям в метаболизме растений: снижению количества фотосинтетических пигментов в листьях, повышению пероксидазной активности, количества пролина, появлению дисбаланса микроэлементов, следствием чего является снижение продуктивности растений.

Выводы. Выявлена относительная толерантность календулы, сои и рапса к избытку Cu в среде; выделены два сорта сои, более толерантных к избытку Cu – ‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’, которые можно выращивать на почвах с повышенным содержанием меди (после раскорчевки многолетних насаждений).

Ключевые слова: антропогенное загрязнение, избыток меди, микроэлементы, фитоэкстракция.

ANTHROPOGENIC POLLUTION OF SOIL WITH COPPER AND THE PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF DIFFERENT AGRICULTURAL CROPS

S. G. Veliksar[1], S. S. Lisnik[1], D. N. Bratco[2], S. I. Toma[1]
1Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection,
Kishinev, Moldova, e-mail: dechevas@rambler.ru
[2]Institute of Horticulture, Kishinev, Moldova, e-mail: bratco@gmail

Abstract

Background. The consequence of repeated application of different pesticides to control pests and diseases on perennial plantations (orchards and vineyards) is the accumulation of excessive concentrations of copper (Cu) and other heavy metals in the soil and plant organs. Soils with a high concentration of Cu after stubbing of perennial plants cannot be used for growing of other crops without pretreatment. **Objective**. to study some morphological and physiological parameters of a number of plants from various species and varieties, needed to clarify the features of adaptation mechanisms of plants at high concentrations of Cu and procedure of Cu phytoextraction development. **Materials and methods.** The experiments were carried out under conditions of water and soil culture. Calendula, canola, clover, sainfoin and 6 cultivars of soybean were studied. Increasing doses of Cu were added to the culture medium. **Results.** Excess of Cu in the medium increases its content in plant organs, inhibits transport of Fe, Mn and Zn to the surface organs, and growth and development of plants. The main part of the Cu was accumulated in the roots. Toxicity of Cu is much more pronounced in the aquatic culture than in the soil. It can be attributed to the high buffering capacity of the soil, a significant accumulation of the metal in the roots and its weak transport to the aerial parts of the plants. Excess of Cu leads to decrease of the quantity of photosynthetic pigments in leaves, increase of peroxidase activity and the quantity of proline, occurrence of an imbalance of trace elements, resulting in a decrease in plant productivity. **Conclusion.** It was revealed that there is relative tolerance of calendula, soybean and canola to an excess of Cu in the medium; two soybean cultivars, more tolerant to Cu excess were identified.

Key words: anthropogenic pollution, Cu surplus, trace elements, phytoextraction.

Введение

Одной из причин аккумуляции избыточных концентраций меди (Cu) и других тяжелых металлов в почве и в органах растений является многократное применение медьсодержащих соединений для борьбы с мучнистой росой на многолетних насаждениях (сады и виноградники). Результаты анализа проб почвы, отобранных при экспедиционных обследованиях в Центральной зоне Молдовы, показали, что накопление подвижной Cu в почве возрастает по мере увеличения возраста насаждений (Veliksar et al., 2005; 2009). При этом Cu интенсивно накапливается не только в поверхностном слое почвы (20,2–89,5 мг/кг почвы), но и в горизонте 15–30 см (16,1–81,4 мг/кг почвы). Такие концентрации для многих видов растений токсичны. Кроме того, почвы с такой высокой концентрацией меди после раскорчевки многолетних насаждений не могут быть использованы для выращивания других культур без предварительной подготовки. В золе всех органов старых виноградных кустов обнаружена избыточная аккумуляция Cu, намного превышающая допустимые концентрации элемента в тканях растений (70–900 мг/кг сухой массы), что отрицательно сказывается на качестве продукции (винограда, соков, вина). Известно, что аккумуляция тяжелых металлов в растениях провоцирует избыточное генерирование активных кислородных радикалов, ведущих к деструкции клеточной структуры (Stohs, Bagehi, 1995). В ответ на действие тяжелых металлов в растении включаются различные механизмы адаптации, которые все еще недостаточно изучены (Grots, Guerinot, 2006).

Медь (Cu), как и некоторые другие микроэлементы, имеет очень узкий интервал действия и при незначительном превышении оптимального содержания в среде обитания становится токсичной для растений. Токсичность меди по ее действию на рост корней превышает токсичность других тяжелых металлов, она может быть представлена следующим рядом: Cu > Cd > Ni > Pb > Al > Zn (Taran et al., 2004). Она обусловлена ингибированием транспорта электронов, фотосинтеза, синтеза РНК, усилением окислительных процессов, связыванием протеинов, снижением содержания сахаров в органах растений (Farago, Mullen, 1979; Fang, Kao, 2000; Fathi et al, 2005).

В данной работе приведены результаты изучения некоторых морфофизиологических параметров растений в видовом и сортовом

аспекте, необходимых для уточнения особенностей механизмов адаптации растений в условиях возрастающих высоких концентраций Cu и разработки способов ее фитоэкстракции.

Материал и методы.

Опыты в водной культуре. Семена календулы (сорт ‘Диана’), рапса (сорт ‘Антей’), клевера (сорт ‘Полис’), эспарцета (сорт ‘Южно-Украинский’) и шести сортов сои (‘Аура’, ‘Колина’, ‘Ингра’, ‘Зодиак’, ‘Доринца’, ‘Хорбовянка’) перед посевом стерилизовали 10% раствором перекиси водорода в течение 10 минут, многократно промывали дистиллированной водой и проращивали в чашках Петри на фильтрованной бумаге, смоченной дистиллированной водой. Одинаковые по форме и размеру проростки пересаживали в полиэтиленовые сосуды объемом 500 мл раствора. На фоне полной питательной смеси Хогланда-Арнона по макро- и микроэлементам (контроль) вносили возрастающие дозы меди: 50; 100; 200; 300 и 400 мкМ. В каждом сосуде выращивали по шесть проростков. Питательный раствор менялся каждые 8–10 дней.

Опыты в почвенной культуре. Семена двух местных сортов сои ‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’, отобранных по результатам скрининга шести сортов сои в водной культуре как более устойчивые к избытку меди в питательном растворе, высевали в пластиковые сосуды, вмещающие 6 кг почвы. Почва – чернозем карбонатный слабосуглинистый. При закладке опыта в почву вносили фоновое удобрение (нитроаммофоска с содержанием NPK по 16% – из расчета 0,1 г д. в. каждого из элементов на 1 кг воздушно сухой почвы). Медь в виде $CuSO_4$ вносили по 300 (повышенная доза) и 900 (токсичная доза) мг/кг почвы. Контроль – почва без Cu. Влажность почвы поддерживали на уровне 70% от полной влагоемкости. Растения выращивали до плодоношения.

Анализ растений. Толерантность и устойчивость растений к повышению концентрации Cu в среде определяли по *биометрическим показателям* (всхожесть семян, длина корня и высота проростков), накоплению биомассы, некоторым физиологическим показателям. *Фотосинтетические пигменты* из высечек листьев экстрагировали 80% ацетоном и определяли их количество на спектрофотометре SP-8001. *Активность пероксидазы* в листьях растений (ПОД) определяли по методу Бояркина (Boyarkin, 1987). Навеску листьев массой 300–500 мг растирали в фарфоровой ступке с ацетатным буфером с pH 5,4 и переносили в мерную колбу на 50 мл. После 10 мин отстаивания вытяжку

центрифугировали при 4000 об/мин или фильтровали. Для измерения активности в инкубационную смесь вносили: 0,5 мл ферментного экстракта, 0,5 мл ацетатного буфера pH 5,4, 0,5 мл бензидина и 0,5 мл 0,1% перекиси водорода. В контрольную кювету вместо перекиси водорода вносили эквивалентное количество дистиллированной воды. Измерение активности проводили при 590 нм после внесения перекиси водорода через 20, 40 и 60 сек на SPEKOL-11. В условиях почвенной культуры активность ПОД определяли в фазах ветвления, бутонизации, начала цветения, налива зерна и созревания семян сои в конце вегетации. Содержание *свободного пролина* в листьях определяли по Bates et al. (1973). К навеске листьев (200 мг) в пробирках добавляли 10 мл кипящей дистиллированной воды и на 10 мин. помещали в кипящую водяную баню; после фильтрации к 2 мл полученного экстракта добавляли 2 мл ледяной уксусной кислоты и 2 мл нингидринового реактива; смесь инкубировали 1 час на кипящей водяной бане и затем быстро охлаждали; интенсивность окраски определяли на спектрофотометре SP-8001. Содержание пролина определяли по калибровочной кривой, которую строили с использованием пролина фирмы «Serva». Для определения содержания *микроэлементов* Cu, Fe, Mn, Zn в органах растений воздушно-сухую навеску сжигали в муфельной печи при 450°C, золу заливали 3 мл смеси HNO_3 и HCl на 12 часов, потом приливали 20 мл 6N HCl и выпаривали 1 час на песочной бане; после остывания растворы количественно переносили в колбочки на 50 мл; количество микроэлементов определяли в растворах на атомно-абсорбционном спектрофотометре Perkin Elmer 2280.

Результаты и обсуждение

Влияние Cu на рост и развитие растений. Учеты, проведенные после прорастания семян в чашках Петри, показали, что возрастающие дозы меди не оказали существенного влияния на прорастание семян, календулы, рапса, клевера, эспарцета и шести сортов сои. Разница проявляется на следующей фазе развития – развитие корней и появление листьев. У шестидневных проростков всех культур снижение роста корешков наблюдается уже при 50 мкМ концентрации меди, а при концентрации Cu в растворе 200 мкМ и выше рост корней снижается резко. Наиболее чувствительными оказались корни эспарцета и рапса. Отмечена неодинаковая реакция семян и проростков различных сортов сои на повышение количества Cu в среде. Проростки сорта ‘Зодиак’

оказались более чувствительными к высокой дозе Cu по сравнению с сортами ‘Ингра’, ‘Доринца’, ‘Аура’, ‘Хорбовянка’.

В условиях водной культуры четко проявилась разница в накоплении биомассы растениями в зависимости от количества Cu в среде. Наиболее чувствителен к присутствию Cu в среде эспарцет (табл. 1). Во всех вариантах с медью рост и развитие растений (вес корней и надводной части, высота растений, длина корней) снижались до 7,5–70,1% по отношению к контролю (в зависимости от вида и сорта растений). В меньшей степени ингибирован рост рапса и клевера. При дозе Cu 400 мкМ на листьях появляются некротические пятна, особенно у календулы, свидетельствующие о необратимых изменениях в метаболизме растений. У всех сортов сои повышение концентрации Cu в среде до 100 мкМ и выше в большей степени ингибировало рост корней, чем побегов и листьев. Изучаемые в этом опыте сорта сои располагались в следующей нисходящей последовательности по накоплению органической массы в условиях высокой концентрации Cu: ‘Хорбовянка’ > ‘Доринца’ > ‘Зодиак’ >’Колина’.

В условиях почвенной культуры токсичность Cu проявляется гораздо меньше. При этом на ранних фазах развития растений (фаза ветвления) высокая доза меди в почве (300 мг/кг) способствовала даже повышению веса надземной массы и корней. Эффект избыточных доз меди в почве (900 мг/кг) лучше проявляется к концу вегетации растений в фазе налива зерна – отмечено небольшое снижение органической массы растений. К концу вегетации заметного снижения биомассы растений и числа плодов на 1 растение в вариантах с Cu не было обнаружено, однако масса семян на 1 растение у сорта ‘Доринца’ при Cu 900 снижалось по сравнению с контрольным вариантом сильнее, чем у ‘Хорбовянки’.

Содержание фотосинтетических пигментов. О состоянии растений в стрессовых условиях произрастания и общей интенсивности обменных процессов в определенной степени можно судить по содержанию фотосинтетических пигментов в листьях. По нашим данным, снижение содержания хлорофилла в листьях в водной культуре начинается уже при относительно низких дозах меди (50 мкМ Cu) и прогрессирует по мере увеличения дозы элемента. При дозе Cu 200 мкМ и выше четко проявляется эффект ингибирования фотосинтеза, листья очень слабо развиты. Снижение количества пигментов с возрастанием дозы Cu в среде более выражено в листьях рапса по сравнению с другими видами растений. В почвенной культуре с двумя сортами сои, которые, по предварительным данным, оказались более толерантными к избытку Cu в

среде (сорта ‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’), токсичность высоких доз Cu выражена слабее, в листьях обоих сортов понижено содержание хлорофилла *в* (табл. 2). Заметна тенденция к повышению количества каротиноидов в листьях, что может служить показателем повышения толерантности растений к Cu (Nenova et al., 2009).

Таблица 1. Влияние Cu на накопление биомассы 25-дневных проростков различных растений, водная культура

Растения	Варианты мкМ	Воздушная масса		Масса корней		Высота проростка		Длина корней	
		г/1 проросток	%	г/1 проросток	%	см	%	см	%
Соя ‘Хорбовянка’	**контроль**	3,21±0,12	100,0	1,42±0,03	100,0	31,57±1,01	100,0	13,23±0,63	100,0
	Cu 50	1,16±0,03	35,9	0,33±0,05	23,2	22,57±1,08	71,2	4,76±0,59	35,9
	Cu 100	1,10±0,05	34,1	0,24±0,01	17,1	21,71±0,37	68,7	4,06±0,40	30,6
	Cu 200	0,96±0,01	29,9	0,14±0,01	9,9	17,63±1,54	55,8	4,00±0,18	30,2
	Cu 300	0,91±0,19	28,5	0,25±0,03	17,6	11,48±1,23	37,6	3,93±0,33	29,7
	Cu 400	0,51±0,06	15,8	0.17±0,02	11,9	6,11±0,098	19,3	4,92±0,26	37,1
Соя ‘Колина’	**контроль**	1,46±0,04	100,0	0,49±0,01	100,0	39,31±1,76	100,0	10,29±0,23	100,0
	Cu 50	0,80±0,01	54,5	0,11±0,01	22,8	21,64±0,50	55,0	4,74±0,36	46,1
	Cu 100	0,78±0,08	53,2	0,12±0,01	24,1	17,15±0,95	43,6	4,74±0,036	46,1
	Cu 200	0,67±0,03	45,9	0,13±0,01	26,1	11,68±0,07	29,7	4,47±1,73	43,4
	Cu 300	–*	–	–*	–	–		–	
	Cu 400	–*	–	–	–	–		–	
Рапс	**контроль**	1,74±0,13	100,0	0,54±0,07	100,0	15,53±0,19	100,0	15,5±0,77	100,0
	Cu 50	1,17±0,17	70,6	0,44±0,02	81,4	11,92±0,14	76,75	13,85±0,56	89,4
	Cu 100	0,52±0,03	31,5	0,23±0,007	42,5	11,83±0,28	76,17	12,75±0,71	82,2
	Cu 200	0,35±0,02	22,8	0,18±0,010	31,4	9,83±0,55	63,29	10,48±0,26	67,6
	Cu 300	0,32±0,04	25,4	0,17±0,010	33,3	8,29±0,23	3,38	9,5±0,36	61,3
	Cu 400	0,24±0,029	15,3	0,12±0,015	20,3	6,59±0,38	2,43	8,2±0,19	52,9
Эспарцет	**контроль**	0,65±0,020	100	0,52±0,055	100,0	16,02±0,16	100,0	24,0±2,58	100,0
	Cu 50	0,10±0,020	15,4	0,10±0,020	19,23	7,43±0,43	46,3	6,74±0,50	28,1
	Cu 100	0,09±0,001	13,5	0,02±0,002	3,84	6,17±0,57	38,5	6,41±0,77	26,7
	Cu 200	0,08±0,001	13,3	–*	–	5,42±0,76	33,8	–	–
	Cu 300	0,06±0,003	9,8	–	–	5,60±0,46	34,9	–	–
	Cu 400	0,05±0,001	7,5	–	–	4,48±0,35	27,9	–	–

*– проростки или корни погибли полностью или частично

Таблица 2. Влияние Cu на содержание фотосинтетических пигментов в листьях сои (сорта ‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’), мг/г сырого вещества

Варианты	*а*	*в*	*а+в*	каротиноиды
Доринца				
Контроль	1,25±0,186	1,13±0,186	2,30±0,203	0,27±0,042
Cu 300	0,87±0,002	1,65±0,060	2,53±0,063	0,28±0,007
Cu 900	0,90±0,002	0,94±0,003	1,83±0,021	0,38±0,007
Хорбовянка				
Контроль	0,91±0,017	1,30±0,345	2,21±0,327	0,32±0,068
Cu 300	0,88±0,009	1,16±0,070	2,03±0,070	0,33±0,045
Cu 900	0,95±0,015	1,15±0,011	2,10±0,123	0,34±0,029

Активность пероксидазы. Участие пероксидазы в ответных реакциях растений на токсичность тяжелых металлов отмечают многие исследователи (Fecht et al., 2001; Parmar et al., 2002; Saffar et al., 2009). В таблице 3 представлены результаты определения динамики пероксидазной активности в листьях двух сортов сои (‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’), выращенных в условиях почвенной культуры на двух уровнях концентрации Cu в среде. У обоих сортов активность фермента возрастала с фазы ветвления и оставалась на более высоком уровне до фазы формирования бобов с последующим снижением к концу вегетации (табл. 3). Внесенная в почву Cu (300 и 900 мг/кг почвы) индуцировала повышение активности пероксидазы в листьях обоих сортов сои на протяжении всех фаз вегетации. Выявлены различия в активности фермента между вариантами в течение вегетации растений: незначительное увеличение активности пероксидазы при увеличении количества внесенного в почву металла на ранних фазах развития растений у сорта ‘Хорбовянка’ (фаза ветвления и начало цветения) и более высокая активность фермента у сорта ‘Доринца’ в следующие фазы развития растений. Однако четкой корреляции между количеством элемента в почве и активностью фермента в листьях того или иного сорта сои нет, что косвенно свидетельствует о толерантности обоих сортов сои к избытку меди в почве.

Содержание пролина в листьях. Судя по многочисленным литературным источникам, изменение концентрации некоторых аминокислот, в частности пролина в органах растений является одним из важных защитных механизмов растений к действию стресс-факторов. Показана прямая положительная связь между аккумуляцией пролина и толерантностью хлореллы к избытку Cu в среде (Fathi et al., 2005).

Защитную роль пролина объясняют хелатированием тяжелых металлов в цитоплазме (Farago, Mullen, 1997), снижением поглощения металла (Wu et al., 1998), регуляцией водного баланса (Schat et all, 1997), формированием комплексов пролина с металлом (Fathi, 2003). Стресс-зависимое изменение эндогенного содержания пролина может участвовать в регуляции активностей антиоксидантных ферментов в растениях (Radyukina et al., 2008). По нашим данным, в условиях водной культуры концентрация пролина в листьях календулы уже при самой низкой дозе Cu (50 мкМ) увеличивается на 66,1% по сравнению с контролем в растворе и продолжает расти одновременно с увеличением количества металла в среде (табл. 4). Предполагается, что в таких условиях пролин функционирует в качестве химического шаперона (Grinin et al., 2010).

Таблица 3. Активность пероксидазы в листьях сои в зависимости от содержания Cu в почве (услов. ед/мин/г сырого вещества)

Варианты	Фаза ветвления, 11 июня	Фаза цветения, 15 июля	Фаза формирования бобов, 27 июля	Фаза созревания, 18 августа
Сорт ‘Доринца’				
Контроль	31,7±0,3	56,1±2,8	233,0±5,2	45,3±1,2
Cu 300	34,9±0,2	56,9±0,8	239,6±7,7	53,4±9,8
Cu 900	39,1±0,3	58,8±0,5	251,2±8,3	59,2±1,4
Сорт ‘Хорбовянка’				
Контроль	31,8±0,7	59,5±2,2	220,6±7,7	43,8±1,4
Cu 300	38,2±1,1	52,3±0,5	218,8±1,1	44,5±1,6
Cu 900	42,1±0,5	50,2±0,2	194,1±5,8	46,9±1,9

Однако в почвенной культуре четкой зависимости между дозой Cu, внесенной в почву, и количеством пролина в листьях сои нет (табл. 5). Отмечено значительное снижение количества пролина в фазе цветения, особенно в вариантах с Cu. В других фазах значимой разницы нет. Таким образом, в условиях почвенной культуры в отличие от водной значительное увеличение количества меди в среде не активизирует накопление пролина в органах растений.

Это может быть связано с отсутствием стрессового напряжения у растений из-за буферности почвы или с тем, что пролин не всегда играет защитную роль в ответ на стресс-фактор. По мнению ряда ученых (Gagneul et al., 2007; Francois Robert Larher et al., 2009), некоторые

совместимые осмолиты, в том числе и пролин, не всегда накапливаются в должном количестве, необходимом для осмотического регулирования при абиотическом или биотическом стрессе.

Таблица 4. Влияние возрастающей дозы Cu в питательной среде на концентрацию пролина в листьях календулы, сорт ‘Диана’, мкМ/г сырой массы (опыт в водной культуре)

Доза Cu, мкМ	Контроль (без Cu)	50	100	200	300	400
Концентрация пролина	0,033±0,003	0,054± 0,001	0,068± 0,002	0,096± 0,000	0,393± 0,040	0,306± 0,004

Таблица 5. Влияние Cu на содержание пролина в листьях двух сортов сои по фазам вегетации, мкМ/г сырой массы (почвенная культура)

Варианты	Фаза ветвления, 11 июня	Фаза цветения, 15 июля	Фаза формирования бобов, 27 июля
‘Доринца’			
Контроль Cu 300 Cu 900	0,201±0,003 0,239±0,012 0,185±0,010	0,048±0,0050 0,026±0,0010 0,019±0,0010	0,085±0,001 0,135±0,005 0,100±0,004
‘Хорбовянка’			
Контроль Cu 300 Cu 900	0,228±0,023 0,261±0,014 0,247±0,014	0,068±0,0007 0,029±0,0060 0,030±0,0040	0,106±0,001 0,121±0,005 0,100±0,001

Содержание микроэлементов в растениях. В водной культуре в корнях календулы количество Cu резко увеличивается, начиная с первой дозы внесенного в раствор элемента, – 50 мкМ и снижается при дозе 400 мкМ. Возрастает количество элемента и в воздушной массе, однако в значительно меньшей степени (табл. 6). При этом обращает на себя внимание резкое увеличение количества Cu при самой высокой концентрации элемента в питательной среде, что совпадает со снижением его содержания в корнях и общим ухудшением состояния растений. Это явление можно объяснить тем, что при дозе 400 мг/л Cu клеточные мембраны корневых клеток проростков календулы теряют способность действовать как барьер для переноса металлов в растительные клетки. Из-за этого значительно возрастает пассивный дальний транспорт Cu,

которая, накапливается в надземных органах проростков в токсических количествах, вызывая необратимые изменения в обмене веществ, с последующим появлением некроза.

Таблица 6. Влияние возрастающей дозы Cu в питательной среде на концентрацию микроэлементов в растениях календулы, сорт ‘Диана’, мг/кг сухой массы (опыт в водной культуре)

Варианты	Cu	Mn	Zn	Fe
Корни				
Контроль	32,71±1,52	149,50±4,63	55,67±2,28	696,93±9,58
Cu 50	5901,42±12,88	91,83±3,22	120,19±1,95	1675,89±10,44
Cu 100	6810,59±16,21	89,90±5,87	104,20±3,07	2017,2±19,56
Cu 200	16365,04±18,33	85,07±2,39	74,25±2,12	1039,44±12,51
Cu 300	13237,18±14,35	60,04±7,00	97,92±1,93	1757,04±16,36
Cu 400	10559,72±13,41	17,31±22,0	36,93±1,62	672,81±8,13
Воздушные органы				
Контроль	10,96±0,33	211,46±3,56	68,36±1,88	91,36±3,28
Cu 50	104,43±2,58	155,99±6,13	39,99±4,44	94,03±7,91
Cu 100	69,60±2,62	137,34±3,68	33,77±3,87	36,52±1,84
Cu 200	230,94±17,92	140,69±11,67	36,96±2,04	76,97±3,96
Cu 300	225,53±17,56	133,37±8,80	28,49±1,83	40,98±0,91
Cu 400	2717,71±26,72	222,71±16,71	65,78±1,94	93,13±0,99

Были установлены и некоторые закономерности в распределении Zn, Mn и Fe при возрастающих дозах Cu в питательной среде. Содержание этих элементов в воздушных (надземных) органах проростков уменьшается по мере увеличения концентрации Cu, а при дозе 400 мг/л содержание Zn, Mn и Fe увеличивается, возможно, из-за частичной потери части клеточного гомеостаза этих растений. Это свидетельствует об антагонизме отдельных микроэлементов при высоких дозах Cu в среде. Аналогичные данные получены и по другим культурам, однако транспорт Cu в надземные органы был медленнее. Отмечена интенсивная аккумуляция Cu в растениях клевера, рапса, люцерны, особенно в корнях, гораздо меньше – в растениях эспарцета.

В почвенной культуре содержание микроэлементов в зависимости от внесенной в почву Cu определяли в органах двух сортов сои (‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’) по фазам вегетации. Внесенная в почву медь накапливалась главным образом в корнях сои. Полученные данные показали наличие некоторых сортовых различий. Содержание микроэлементов в расчете на 1 кг сухого вещества у сорта ‘Хорбовянка’ в

надземной части растения и в корнях ниже, чем у сорта ‘Доринца’. Содержание цинка у сорта ‘Хорбовянка’ остается на более стабильном уровне в условиях загрязнения почвы медью, в то время как у сорта ‘Доринца’ его содержание значительно повышается; в отношении марганца и железа отмечена обратная зависимость. Содержание железа, марганца и меди в корнях выше, чем в надземной части у обоих сортов с той разницей, что у сорта ‘Доринца’ их содержание значительно выше, что свидетельствует о более высокой толерантности данного сорта к избытку меди в почве.

Выводы

Избыток Cu в питательной среде повышает его содержание в органах растений, препятствует транспорту Fe, Mn и Zn в надземные органы, ингибирует рост и развитие растений. Основная часть поступившей в растения меди аккумулируется в корнях.

Токсичность Cu значительно более выражена в условиях водной культуры, чем в почвенной, что можно объяснить высокими буферными свойствами почвы, значительным накоплением металла в корнях и слабым транспортом его в надземную часть растений.

Избыток меди приводит к изменениям в метаболизме растений: снижению количества фотосинтетических пигментов в листьях, повышению пероксидазной активности, количества пролина, появлению дисбаланса микроэлементов, следствием чего является снижение продуктивности растений.

Скрининг различных растений по основным параметрам, которые свидетельствуют о возможности использования их в качестве фитоэкстракторов меди (календулы, рапса, клевера, эспарцета и 6 сортов сои), выявил относительную толерантность растений календулы, сои и рапса к избытку этого металла в среде. Выделены два сорта сои, более толерантных к избытку меди в среде – ‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’, которые можно выращивать на почвах с повышенным содержанием меди (после раскорчевки многолетних насаждений).

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ – АН Молдовы (172. MRF, 2008-2009) и гранта МОН Украины – АН Молдовы (10.820.04.07/UA, 2010-2011).

Литература/References

Bates L. S., Waldren R. P., And I. D. Rapid determination of free praline for water-stress studies // Biol. Med. 1973. 18. P. 321–336.

Boyarkin A. N. Quick method for determining peroxidase activity // Bioximia. 1951. P. 352–355. (in Russian)

Fang W., Kao C. H. Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc // Plant Sci. 2000. Sep. 8: 158 (1-2). P. 71–76.

Farago and Mullen. Plants which accumulate metals. IV. A possible copper proline complex from the roots of *Armeria meritima*// Chim. Acta. 1979. 32. P. 93–94.

Fathi A. A., Zaki F. T. Role of proline level in ameliorating heavy metal toxicity in Scenedesmus bijuga // El-Minia Sci. Bull. 2003.14. P. 155–167.

Fathi A. A., Zaki F. T., Ibraheim H. A. Response of tolerant and wild type strains of Chlorella vulgaris to copper with special references to copper uptake system // Protistology, 2005. 4 (1). P. 73–78.

Fecht M., Maier P., Horst J. Peroxidase activity in the leaf apoplast is a sensitive marker for Mn toxicity and Mn tolerance in vigna unguiculata (L) Walp // Plant nutrition. 2001. P. 264–268.

Francois Robert Larher, Raphali Lugan, David Gagneul, Sylvain Guyot, Chantal Monnier, Yves Lespinasse, Alain Bouchereau. A reassessment of the prevalent organic solutes constitutively accumulated and potentially involved in osmotic adjustment in pear leaves // Environmental and Experimental Botany. 2009. 66. P. 230–241.

Gagneul David, Abdelkader Aпnouche, Claire Duhazй, Raphaлl Lugan, Franзois Robert Larher, and Alain Bouchereau. A Reassessment of the Function of the So-Called Compatible Solutes in the Halophytic Plumbaginaceae *Limonium latifolium*. Plant Physiol. 2007. 144. P. 1598–1611.

Grinin A. B., Xolodova V. P., Ivanova E. M., Kuzneczov Vl. V. Proline functions as a chemical chaperone under the action of sodium chloride and copper // Abstracts of All-Russian symposium «Plants and stress». 2010. Moscow, P. 119. (in Russian)

Grots N., Guerinot M. L. Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. Biochimica et Biophysica Acta. 2006. 1763. P. 595–608.

Nenova V., Merakchiyska M., Ganeva G. et al. Physiological Responses of Wheat (*Triticum Aestivum* L.) –*Aegilops Sharonensis* Introgression Lines to Excess Copper. Journal of Agronomy and Crop Science, 2009. 195. 3. P. 197–203.

Parmar N. G., m *Vithalani S. D., Chanada S. V.* Alteration in growth and peroxidase activity by heavy metals in Phaseolus seedlings. Acta Physiological Plantarum. 2002. Vol. 24. N 1. P. 89–95.

Radyukina N. L., Shashukova A. V., Shebyakova N. I., Kuzneczov Vl. V. Participation of proline in the antioxidant defense system in salvia under the actionof NaCl and paraquat // Fiziologia ractenii. 2008. Vol. 55. P. 721–730. (in Russian)

Saffar A., Badherich M. B., Mianabadi M. Activity of Antioxidant Enzymes in Response to Cadmium in Arabidopsis thaliana. Journal of Biological Sciences. 2009. Vol. 9 Iss 1. P. 44–50.

Schat H., Sharmass Vooijs R. Heavy metal-induced accumulation of free proline in metal-tolerant and a non-tolerant ecotype of Silene vulgaris // Physiologia Plant. 1997. 101. P. 477–482.

Stohs S. J, Bagehi D. Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. Free Rad. toxic copper in Chlorella sp. (Chlorophyceae) cells // J. Phycol. *1995*. 1997. 34. P. 113–117.

Taran N. Yu., Okanenko D. A., Baczmanova L. M., Musienko M. M. The secondary oxide stress as a part of the overall adaptive plant responses to unfavorable environmental factors // Fiziologia i bioximiya kul'turny'kh rastenii, 36., № 1, P. 3–14. (in Russian)

Toma S., Kholodova V., Kuznetsov Vl., Bracto D., David T. Accumulation of heavy metals by different plant species in conditions of copper excess // Universitatea de єtiinюe agricole єi medicinг veterinarг „Ion Ionescu de la Brad. Lucrгri єtiinюifice. Seria Horticultura. 2009. Vol. 52. Romania, Iasi.

Veliksar S., Mihailescu C., Toma S., Lisnic S., Kreidman J. Purificarea ecologicг a solurilor de surplusul de cupru dupг defriєarea plantaюiilor multianuale // Mediul Ambiant, 2005. 1(18). P. 1–5.

Wu J. T., Hsieh M. T., How L. C. Role of proline accumulation in response to toxic copper in Chlorella sp. (Chlorophyceae) cells // J. Phycol. 1998. 34. P. 113–117.

УДК 581.524: 633.31(470.67) DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-177-186

ИНТРОДУКЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ЛЮЦЕРНЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

М. Д. Дибиров[1], Е. А. Дзюбенко[2]
[1]Горный ботанический сад Дагестанского научного центра РАН,
Махачкала, Россия e-mail: dibir1@mail.ru
[2]Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия e-mail: e.dzyubenko@vir.nw.ru

Реферат

Актуальность. Из ряда культивируемых видов бобовых растений большой интерес представляет люцерна, которая превосходит многие другие кормовые культуры по питательной ценности. Большие потенциальные способности люцерны пока еще недостаточно используются. Для более полной реализации потенциальной продуктивности необходимо стремиться к правильному подбору сортов и обогащению культурной флоры новыми ее представителями, а также использованию в селекции экотипов с учетом адаптации их к местным почвенно-климатическим условиям. **Материалы и методы**. Проведены интродукционные испытания 10 дикорастущих многолетних видов и 20 сортов культурной люцерны в экстремальных горных условиях Дагестана. **Результаты и выводы.** Эксперименты с многолетними видами люцерны на различных высотных уровнях показывают различие сроков наступления всех фаз генеративного развития. В результате интродукционного испытания видов и сортов люцерны в горных условиях выявлена межвидовая и межсортовая дифференциация по различным комплексам признаков. Установлено, что с набором высоты над уровнем моря увеличивается число побегов на растение, уменьшается продуктивность побега и особи, меняется форма куста от прямостоячих форм к лежачим. Выделены виды, сорта и формы люцерны, рекомендуемые как высокопродуктивные в экстремальных горных условиях выращивания. Установленные закономерности, выявленные у видов люцерны, представляют интерес для интродукционных, селекционных исследований и разработок с целью расширения исходного материала и практического использования видов и сортов.

Ключевые слова: люцерна, интродукция, продуктивность, фитомасса, виды, сорта.

INTRODUCTIVE RESOURCES OF *MEDICAGO* AND PERSPECTIVES OF THEIR APPLICATION IN MOUNTAINOUS CONDITIONS

M. D. Dibirov[1], E. A. Dzyubenko[2]
[1]Mountain Botanical Garden of Russian Academy of Sciences,
Makhachkala, Russia, e-mail: dibir1@mail.ru
[2]The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
St. Petersburg, Russia, e.dzyubenko@vir.nw.ru

Abstract

Background. Medicago is of utmost interest among cultivated species of leguminous plants, as it excels many other forage crops in nutritive quality. The great potential of Medicago is yet underutilized for the present. For more complete realization of potential productivity it is necessary to pursue correct selection of varieties, enrichment of the cultivated flora with new species, and use ecotypes in breeding practice, taking into account their adaptation to local soil and climate. **Materials and methods.** Introductive tests of 10 wild perennial species and 20 varieties of cultivated Medicago have been performed in the extreme mountainous environments of Dagestan. The experiments with perennial plants of Medicago on different high-altitude levels showed the differences in the dates of beginning of all stages of generative development. As a result of the introductive test of Medicago species and varieties in mountainous environments, the trends of interspecific and intervarietal differentiation for different sets of characteristics were revealed. It was found that with the rising of the height above sea level the number of shoots per plant increased, the productivity of shoots and individual plants decreased, while the shape of the shrub changed from erect to prostrate. Highly productive species, varieties and forms of Medicago were identified as promising for extreme mountainous environments. The regularities reveled in Medicago species are interesting for introductive and breeding researches and developments aimed at broadening the basic source materials and the area of practical use of Medicago species and varieties.

Key words: Medicago, introduction, productivity, phytomass, species, varieties

Введение

Обогащение культурной флоры более ценными и продуктивными формами, выведение специализированных по зонам сортов, создание и накопление для этого разнообразного исходного эколого-генетического материала является одной из важнейших задач интродукции и селекции.

Известно, что адаптационный потенциал растений можно выявить по реакции на меняющиеся условия среды. Выявление адаптивности

видов и сортов в гетерогенной среде может рассматриваться в качестве решающего условия расширения ареала культивируемых растений. Эффективность селекционного процесса зависит от выявления структуры изменчивости признаков, формирующих продуктивность и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. Не менее важно выявление латентной факторной структуры, контролирующей формирование этих признаков. Изучение внутривидового разнообразия дикорастущих полезных растений имеет большое значение для решения теоретических и практических задач ресурсоведения, селекции и интродукции, а также ряда проблем теории микроэволюции, биосистематики и популяционной биологии.

Из ряда культивируемых видов бобовых растений большой интерес представляет люцерна, которая превосходит многие другие кормовые культуры по питательной ценности. Зеленая масса и сено люцерны богаты белками, незаменимыми аминокислотами и микроэлементами. В работах многих авторов подчеркивается высокая экологическая пластичность люцерны, что проявляется в засухоустойчивости, морозоустойчивости, способности переносить избыточное увлажнение (Lubenets, 1956; Ivanov, 1980; Goncharov, 1985).

Большие потенциальные возможности люцерны пока еще недостаточно используются. Для более полной реализации потенциальной продуктивности необходимо стремиться к правильному подбору сортов и обогащению культурной флоры новыми ее представителями, а также использованию в селекции экотипов с учетом адаптации их к местным почвенно-климатическим условиям (Dalgatov, 1988; Dibirov, 1996; Konstantinova, 1996). С другой стороны, интерес к этому роду вызван не только значительным видовым разнообразием, но и широким спектром внутривидовой изменчивости. Субпопуляции или экотипы отдельных видов люцерны, произрастающие в местах с различными экологическими условиями в пределах ареалов видов, имеют большое значение как источники ценных признаков для селекции. Многообразие популяций, экотипов, эволюционно адаптированных к условиям местообитания, является важнейшим потенциальным источником генетического разнообразия вида (Sinskaya, 1948; Dzyubenko, Shvytov 1998).

На территории Дагестана, отличающейся разнообразием и сложностью рельефа, встречаются 20 дикорастущих видов люцерны, произрастающих от низменностей до альпийских лугов. Среди них 14 многолетников, из которых пять видов – эндемики Кавказа (Murtazaliev,

2009). Из них особый интерес представляют виды так называемых «железистых люцерн», характеризующихся опушением железистыми волосками, присутствующим на чашечке цветка, цветоносах и бобах (Vasilchenko, 1949). К ним относятся в том числе: люцерна клейкая – *Medicago glutinosa* M. Bieb, люцерна зеленоватая – *Medicago virescens* Grossh., люцерна гунибская – *Medicago gunibica* Vass. и люцерна разноцветная – *Medicago polychroa* Grossh. В описаниях видов железистых люцерн, включая характер их распространения и внутривидовой изменчивости, в особенности по окраске венчика, опушенности и числу оборотов плода и другим морфологическим признакам, существует много разночтений, и статус некоторых таксонов в системе подрода *Falcago* (Rchb.) Grossh. до сих пор остается спорным. Люцерна зеленоватая *M. virescens* описана А. А. Гроссгеймом, из Дагестана, типовой образец хранится в Тбилиси, вид произрастает в субальпийском поясе на высоте 1200–2000 м над у. м. Очевидно, что этот вид имеет гибридное происхождение, поскольку формы с зеленоватыми цветками обычно встречаются на контакте ареалов – в симпатрических популяциях люцерны клейкой и люцерны голубоватой. По мнению А. А. Гроссгейма (Grossheim, 1945), это холодостойкое растение может иметь кормовое значение, как для южных, так и для северных районов, и необходимы испытания его в культуре. Вид люцерны разноцветной *M. polychroa* описан из центрального Закавказья, типовой образец хранится в Тбилиси. По описанию автора, «…венчик данного вида разнообразно окрашенный (фиолетовый, голубой, желтый или белый…)» (Grossheim, 1952). Произрастает в горной части центрального и восточного Закавказья на высотах от 500 до 1500 м, заходит в Дагестан. Данный вид отличается засухоустойчивостью и нетребовательностью к почвам, близок к культурной посевной люцерне и «представляет безусловно весьма благоприятный материал для введения в культуру…» (Grossheim, 1945). Вид люцерны клейкой *M. glutinosa* описан «с Кавказа, из Ширванских гор…» (Vasilchenko, 1949), тип хранится в Ботаническом институте им. В. Л. Комарова (БИН), в Санкт-Петербурге. Венчик растений этого вида ярко-желтый. Произрастает по Главному Кавказскому хребту на высотах от 500–600 до 2000 м. Высокие кормовые достоинства и экологический потенциал этого вида отмечали многие ботаники, в частности А. А. Гроссгейм: «… обладает прекрасными кормовыми качествами, хорошо облиственна, мало опушена, растет большими кустами…» (Grossheim,1945). Наиболее неопределенным является таксономическое положение люцерны гунибской, относимой к

вариациям люцерны клейкой и отличающейся от нее тем, что боб свернут в один полный или не совсем полный оборот, цветки бледно-желтые или голубые. Люцерна гунибская описана И. Т. Васильченко по экземплярам, выращенным на Майкопской опытной станции ВИР из семян, собранных Е. Н. Синской близ Гуниба, тип находится в БИН, г. Санкт-Петербург. Произрастает в Дагестане и западнее до Беслана (Vasilchenko, 1949).

В Дагестане, где сосредоточены дикорастущие формы и виды многолетней люцерны, на протяжении длительного исторического периода под влиянием условий высокогорий шел формообразовательный процесс видов подрода *Falcago*. Изучение влияния условий высокогорья на морфологию и продуктивность растений образцов люцерны различного происхождения являлось целью данного исследования. В настоящей работе рассматриваются результаты интродукционного анализа для изученных видов и сортов многолетней люцерны по фенологии и продуктивности сухой надземной массы с целью определения наиболее перспективных из них для внедрения и использования в селекционной практике.

Материалы и методы

Для изучения были отобраны семена десяти образцов дикорастущих многолетних видов люцерн (табл. 1), полученные из Всероссийского института кормов, Главного ботанического сада РАН, а также собранные в природных популяциях этих видов в различных районах Дагестана (на высотах от 100 до 2300 м над уровнем моря). В изучении находились также сорта культурной люцерны – 10 сортов люцерны посевной (*M. sativa* L.) и 10 сортов люцерны изменчивой (*M. varia* T. Martyn), которые были получены из Всероссийского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР). Посев семян видов и сортов проводился на Цудахарской и Гунибской экспериментальных базах Горного ботанического сада Дагестанского научного центра РАН. Цудахарская база расположена на 1100 м над у. м., среднегодовое количество осадков – 380 мм, относительная влажность воздуха – 60%, средняя температура воздуха самого теплого месяца – июля – +23,3°С, самого холодного – января –2,2°С, безморозный период равен 240 дням, почвы лугово-степные. Гунибская база расположена на высоте 1700 м над у. м., среднегодовое количество осадков составляет 619 мм, среднегодовая температура воздуха – +6,6°С, средняя температура самого теплого месяца – августа – +16,5°С, относительная влажность воздуха – 65%,

средняя высота снежного покрова составляет 12 см, максимальная высота снежного покрова – 33 см, безморозный период равен 167 дням; почвы горно-луговые, тяжелосуглинистые, карбонатные, содержание гумуса составляет 3–4%. Учитывалось количество всходов в первый год, а на второй и последующие годы вегетации – число растений, число вегетативно-генеративных побегов на растение. В качестве показателя продуктивности использованы значения сухой массы на единицу учета – генеративный побег и сухая масса в пересчете на 1 м^2, а также данные сухой массы растений с метровых делянок, по которым определена вероятная урожайность в ц/га. Сравнение интродуцентов проводили на основе изучения фенологии, способности к семенному и вегетативному размножению, определения устойчивости к неблагоприятным условиям среды (морозу, засухе). Материал обработан с помощью лицензионной системы обработки данных Statistica 5.5.

Результаты и обсуждение

Многолетние виды люцерны проходят в горных условиях Дагестана полный цикл развития, устойчиво плодоносят, успевают пройти фазу полной зрелости семян. Наиболее устойчивы к комплексу условий оказались кавказские горные виды *M. virescens, M. falcata* L., *M. glutinosa, M. hemicaerulea* Sinsk. Эксперименты с многолетними видами люцерны показывают различия в сроках наступления всех фаз генеративного развития (табл. 1).

У двух близких видов – *M. caerulea* и *M. hemicaerulea*, которые встречаются в природе на более низких высотах, наблюдается короткий период фазы бутонизации и более продолжительные периоды фазы цветения и плодоношения. *M. daghestanica* Rupr. ex Boiss. – палеоэндемик, встречающийся в естественных условиях на южных каменистых склонах до среднегорного пояса, отличается коротким периодом вегетации. Высокогорные кавказские эндемики *M. virescens* и *M. glutinosa* являются раннецветущими и имеют близкие спектры фенофаз, у *M. falcata* эти фенофазы сдвинуты на более поздние сроки. При сравнении фенофаз *M. sativa* и *M. varia* отмечен более длительный период плодоношения у люцерны посевной.

Для оценки продуктивности по фитомассе люцерны использованы сухая масса годичного побега и сухая масса в пересчете на м^2. Сухая масса побега люцерны (по средним значениям на делянку), как было выяснено нами в других работах (Magomedmirzaev et al., 1990a, b), не

обнаруживает существенной корреляции с плотностью стояния (числом особей на делянку), в отличие от числа побегов на особь, которое отрицательно коррелирует с плотностью стояния.

Таблица 1. Фенологическая характеристика видов люцерны на коллекционном участке (Дагестан, Гуниб, 2013 г.)

№	Название вида	Бутонизация		Цветение		Плодоношение	
		начало	массовое	начало	массовое	начало	массовое
1.	*Medicago caerulea* Less. ex Ledeb.	27,06±0,6	03,07±1,0	10,07±1,2	25,07±0,9	20,08±0,9	07,09±0,8
2.	*M. daghestanica* Rupr. ex Boiss.	12,06 ± 0,6	15,06 ± 05	19,06±04	24,06±07	03.07±1,2	23,07±0,5
3.	*M. falcata* L.	24.06± 0,3	2,06±0,5	02,07±0,5	06,07±0,7	04.08±1,1	22,08±0,7
4.	*M. glutunosa* Bieb.	21.06±0,4	25,06±0,6	30,06±0,5	04,07±0,5	21.07±0,7	18,08±0,5
5.	*M. hemicaerulea* Sinsk.	26.06±0,5	28,06±0,5	09,07±1,0	18,07±1,0	13.08±1,2	28,08±0,8
6.	*M. sativa* L.	25.06±0,6	27,06±0,8	03,07±0,9	10,07±0,9	16.07±1,2	15,08±0,9
7.	*M. tianschanica* Vass.	26.06±0,5	01,07±0,6	05,07±0,6	16,07±0,8	26.07±1,0	21,08±0,9
8.	*M. transoxana* Vass.	25.06±0,4	28,06±0,4	03,07±0,6	12,07±0,6	20.07±0,9	18,08±0,8
9.	*M. varia* T. Martyn	24.06±0,5	27,06±0,7	01,07±0,9	08,07±0,8	12.07±1,1	11,08±0,9
10.	*M. virescens* Grossh.	23.06±0,5	27,06±0,5	05,07±0,8	11,07±0,9	09.08±0,5	22,08±0,7

По числу побегов на особь дикорастущие высокогорные кавказские эндемики *M. glutinosa*, *M. virescens* превосходят *M. varia* и *M. sativa*, при этом уступают по продуктивности в сухой массе *M. sativa* (табл. 2).

Среди дикорастущих видов люцерны особый интерес представляет *M. virescens*, вид сомнительной таксономии, вероятно гибридного происхождения. Он отличается полиморфизмом популяций, в особенности по окраске венчика, качественно лучшим балансом листостеблевой массы. Встречается люцерна зеленоватая в среднегорных районах Дагестана, в местах перекрывания ареалов люцерны клейкой (с желтой окраской венчика) и люцерны голубоватой (с фиолетовой окраской венчика). Проведенные исследования показали, что люцерна зеленоватая среди изученных видов отличается наибольшей фитомассой в

горных условиях. По результатам прямых учетов за один укос она не уступает районированному в Дагестане сорту ‘Кизлярская местная’.

Таблица 2. Продуктивность исследованных видов люцерны в горных условиях Дагестана

№	Название вида	Цудахар (1100 м)			Гуниб (1700 м)		
		Число побегов на особь	Сухая масса побега (г)	Сухая масса ц/га	Число побегов на особь	Сухая масса побега (г)	Сухая масса ц/га
1	*Medicago caerulea* Less. ex Ledeb.	4,8±0,17	3,6±0,28	62,5	5,1±0,21	1,6±0,16	31,7
2	*M. falcata* L.	5,1±0,16	5,1±0,41	69,1	6,1±0,16	2,3±0,18	43,6
3	*M. glutunosa* Bieb.	6,1±0,26	5,3±0,38	71,1	7,5±0,31	3,1±0,41	50,7
4	*M. hemicaerulea* Sinsk.	5,1±0,17	4,6±0,61	62,7	6,2±0,20	2,8±0,26	46,1
5	*M. sativa* L.	3,1±0,29	7,5±0,82	86,9	3,4±0,34	4,3±0,56	64,2
6	*M. tianschanica* Vass.	3,9±0,26	4,3±0,46	68,7	4,2±0,31	2,4±0,24	36,6
7	*M. transoxana* Vass.	4,2±0,27	5,8±0,56	77,9	5,3±0,31	3,1±0,37	48,1
8	*M. varia* T. Martyn	4,1±0,37	6,2±0,61	79,2	5,6±0,49	3,1±0,38	56,7
9	*M. virescens* Grossh.	5,2±0,19	6,7±0,76	82,6	6,7±0,21	4,1±0,35	61,5

В опытах установлено, что сорта люцерны посевной обладают большей продуктивностью надземной массы, но меньшей ее устойчивостью в экологически контрастных условиях, чем сорта люцерны изменчивой. Поэтому сорта люцерны изменчивой более предпочтительны для использования в горных условиях на богаре. Среди сортов этого вида наиболее продуктивны и устойчивы в вышеназванных условиях сорта: ‘Ленинская местная’ и ‘Тибетская’, которые могут дать с одного укоса 53–57 центнеров высококачественного сена с одного гектара (табл. 3).

Лучшими в условиях эксперимента, резко увеличивающими фитомассу, проявляют себя сорта люцерны посевной: западноевропейские – ‘Prima’, ‘Charta’, американские – ‘Caynga’, ‘Progress’ и среднеазиатские – ‘Местная’ и ‘Андижанская’. Эти сорта могут быть рекомендованы как высокоурожайные при высокой агротехнике возделывания.

Установленные закономерности, выявленные у видов люцерны, представляют интерес для интродукционных, селекционных

исследований и разработок с целью расширения исходного материала и практического использования видов и сортов.

Таблица 3. Продуктивность сортов культурной люцерны в горных условиях Дагестана (Гуниб, 1750 м над у. м.)

№	Название сортообразца	Происхождение	Число побегов на растение, шт.	Сухая масса побега, г	Сухая масса особей, ц/га
		Medicago sativa L.			
1	Андижанская	Узбекистан	2,6±0,37	4,3±0,58	63,1
2	Местная	Казахстан	3,5±0,28	4,2±0,60	64,5
3	Местная	Болгария	5,4±0,23	2,7±0,29	36,8
4	Херсонская-7	Украина	3,2±0,40	3,8±0,54	57,1
5	Хивинская	Узбекистан	2,2±0,28	3,3±0,61	46,8
6	Caynga	США	3,4±0,35	3,8±0,47	61,2
7	Charta	Германия	3,4±0,29	3,8±0,75	56,6
8	Prima	Франция	3,5±0,38	4,7±0,79	67,2
9	Progress	США	3,3±0,49	3,7±0,39	58,5
10	Rhimpaus	Германия	4,4±0,56	2,5±0,40	35,2
		M. varia T. Martyn			
11	Кизлярская местная	Дагестан	4,8±0,47	2,6±0,33	40,1
12	Кемлянская	Мордовия	4,4±0,41	1,8±0,21	35,6
13	Ленинская местная	Волгоград. обл.	5,6±0,51	3,8±0,56	56,8
14	Межотненская	Латвия	4,4±0,34	2,8±0,62	44,5
15	Омская гибридная	Омская обл.	6,1±0,42	2,1±0,30	39,6
16	Приаральская	Казахстан	6,1±0,62	2,2±0,23	39,9
17	Северная гибридная	Московская обл.	6,1±0,36	1,7±0,26	34,0
18	Тибетская	Казахстан	4,6±0,41	3,4±0,38	52,6
19	Fertillo	США	5,9±0,53	3,0±0,34	44,1
20	Kolotta	США	5,1±0,38	2,8±0,36	46,7

Заключение

В результате проведенного исследования 10 дикорастущих видов многолетних люцерн и 20 сортов культивируемой люцерны на экспериментальных базах Горного ботанического сада РАН выявлены различия сроков наступления всех фаз генеративного развития в зависимости от видовой принадлежности и происхождения образцов.

Установлено, что с набором высоты над уровнем моря увеличивается число побегов на растение уменьшается продуктивность побега и отдельного растения. Выявлены и отобраны перспективные для горного Дагестана виды, сорта и формы люцерны.

Литература/References

Dalgatov D. D., Muratchaeva P. M., Onishhenko O. A., Musaeva P. Y. Some wild species of alfalfa of Mountainous Dagestan, as a parent material for the introduction and selection // Sbornik statei Geneticheskie resursy i introduktsiya kormovykh i pishhevykh rastenij v Dagestane. Makhachkala, 1988. P. 88–94. (in Russian)

Dibirov M. D. Introduction of species and varieties of alfalfa in the mountainous conditions of Dagestan // Introduktsionnye resursy gornogo rastenievodstva. Makhachkala, 1996. P. 59–66. (in Russian)

Dzyubenko N. I., Shvytov I. A. Population-genetic aspects of natural and geographic diversity of alfalfa // Bobovye kul'tury v sovremennom sel'skom khozyajstve. Novgorod, 1998. P. 42–45. (in Russian).

Goncharov P. A. Biological aspects of the cultivation of alfalfa. Novosibirsk: Nauka, 1985. 257 p. (in Russian)

Grossheim A. A. Alfalfa *Medicago L.*//Flora of the Caucasus. V.5, M.-L., 1952. P. 177–188. (in Russian)

Grossheim A. A. Alfalfa – *Medicago L.*//Flora USSR V.XI, M.-L., 1945, P. 129–176. (in Russian)

Ivanov A. I. Alfalfa. M.: Kolos, 1980. 349 p. (in Russian)

Konstantinova A. M. Breeding of alfalfa to improve natural grasslands and pasture grazing // Vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki, 1985. N 11. P. 90–97. (in Russian).

Lubenets P. A. Alfalfa. M.–L.: Sel'khozgiz, 1956. 696 p. (in Russian)

Magomedmirzaev M. M., Dibirov M. D., Guseinova Z. A. Ecological and genetic parameters and survival tillering of alfalfa plants // Sel'skokhozyajstvennaya biologiya. 1990b. N 5. P. 21–26. (in Russian)

Magomedmirzaev M. M., Dibirov M. D., Guseinova Z. A. The structure of the variability of biomass at generative shoot of alfalfa species due to their adaptive strategy. // Sbornik statej Produktivnost' i flora bobovykh i zlakovykh rastenij v Dagestane. Makhachkala, 1990a. P. 29–38. (in Russian)

Murtazaliev R. A. Conspectus of Dagestanian flora. Makhachkala, 2009. Vol. 2. P. 68–73.

Sinskaya E. N. Dynamics of species. M.-L., 1948. 526 p. (in Russian)

Vasilchenko I. T. Alafalfa is the best forage plant. Bulletin of Komarov Botanical Insitute, Leningrad, Seria 1. Iss. 8. 1949. 240 p. (in Russian).

УДК 581.16 DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-187-196

ИТОГИ ИНТРОДУКЦИИ И СОХРАНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ *EX SITU* РЕДКОГО ВИДА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН *PAEONIA HYBRIDA* PALL.

А. А. Реут, Л. Н. Миронова
Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН,
Уфа, Россия, e-mail: cvetok.79@mail.ru

Реферат

Актуальность. В настоящее время в Республике Башкортостан реальная угроза исчезновения, если не предпринять срочных мер, существует для *Paeonia hybrida* Pall. Одним из перспективных способов сохранения данного растения является разведение его в условиях Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН (БСИ УНЦ РАН, далее БСИ). **Объект.** *P. hybrida,* недавно обнаруженный на территории Башкортостана, включен в «Красную книгу РСФСР» (1988), статус 3 (R) – редкий вид. **Материалы и методы.** Изучение сезонного ритма растений проводили по методике Главного Ботанического Сада (ГБС). Оценку семенной продуктивности – по методике И. В. Вайнагия. Зимостойкость определяли по проценту погибших растений от общего их числа. Декоративность, а также устойчивость к болезням и вредителям – по методике государственного сортоиспытания декоративных культур. Оценку успешности интродукции – по методике Донецкого ботанического сада. В 2012–2013 годах были проведены опыты по изучению влияния минеральных удобрений (суперфосфат, хлористый калий, мочевина) и физиологически активных веществ («Завязь», «Гетероауксин», «Фэтил») на габитус и семенную продуктивность. **Результаты.** Пион степной цветет во второй декаде мая. Куст *P. hybrida* компактный, высотой 25–30 см. Цветок немахровый, открытый, пурпурный, диаметром 6–8 см. По 7-балльной шкале оценки успешности интродукции вид получил 6 баллов. Анализ изменений элементов семенной продуктивности пиона под действием регуляторов роста показал, что наиболее эффективным препаратом является «Гетероауксин» (процент плодообразования возрос в 1,2; потенциальная семенная продуктивность – в 2,3; реальная семенная продуктивность – в 2,4 раза). Также эффективным, но в меньшей степени, оказался препарат «Завязь» (процент плодообразования возрос в 1,3; потенциальная семенная продуктивность – в 1,1; реальная семенная продуктивность – в 1,1 раза). «Фэтил» ингибировал процессы цветения, а также завязывания плодов и семян у *P. hybrida.* Установлено, что в другом опыте в варианте удобрение + «Фэтил» увеличился период вегетации растений на 8–10 дней. Существенного влияния на семенную продуктивность не выявлено. **Выводы.** Введение в культуру в лесостепной зоне Башкортостана *P. hybrida*

перспективно. Для повышения семенной продуктивности и улучшения декоративных качеств пиона могут быть использованы минеральные подкормки и синтетические регуляторы роста.

Ключевые слова: пион степной, интродукция, фенология, морфометрия, биология цветения, семенная продуктивность.

SUMMARY OF INTRODUCTION AND CONSERVATION *EX SITU* OF THE RARE SPECIES OF BASHKORTOSTAN *PAEONIA HYBRIDA* PALL.

A. A. Reut, L. N. Mironova
Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russia, e-mail: cvetok.79@mail.ru

Abstract

Background. At the present time in the Republic of Bashkortostan there is a real threat of extinction for *Paeonia hybrida* Pall., unless urgent measures are taken. One of the promising ways to save this plant is to breed it in the environment of the Botanical Garden-Institute of Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences (BGI USC RAS). **Objective.** *P. hybrida*, recently discovered in Bashkortostan, is included in the "Red Book of the Russian Federation" (1988) with the status of 3 (R) – a rare species. **Materials and Methods.** The study of seasonal rhythm of plants was carried out by the methods of the Main Botanical Garden, and seed production by the method of I.V. Vaynagiya. Winter hardiness was determined by the percentage of dead plants from their total number. Ornamentality, as well as resistance to pests and diseases, was analyzed by the techniques of the State Variety Trials for Ornamental Crops. Measuring the success of introduction was performed as described in the Donetsk Botanical Garden. In 2012–2013, experiments were conducted to study the effect of mineral fertilizers (superphosphate, potassium chloride, urea) and physiologically active substances (*Zavyaz*, *Heteroauxin*, *Fetil*) on plant habit and seed productivity. **Results.** Peony blossoms in mid-May. *P. hybrida* is a compact shrub 25–30 cm high. The flower is not double, open, purple, with a diameter of 6–8 cm. The 7-point scale was used to assess the success of the introduction; the species received 6 points. Analysis of changes in peony seed production elements under the influence of growth regulators showed that the most effective drug was *Heteroauxin* (percentage of fruit increased by 1.2, potential seed productivity by 2.3; real seed productivity by 2.4 times). Also effective, but to a lesser extent, was the drug *Zavyaz* (percentage of fruit increased by 1.3, potential seed production by 1.1; real seed productivity by 1.1 times). *Fetil* inhibited the process of flowering, fruit and seed setting in *P. hybrida*. It was established during another experiment where the form “fertilizer + *Fetil*” was applied that the growing season became 8–10 days longer. A significant impact on

seed production was observed. **Conclusions.** Introduction of *P. hybrida* into cultivation in the forest-steppe zone of Bashkortostan is promising. Mineral supplements and synthetic growth regulators can be used to improve seed productivity and ornamental qualities of peony.

Key words: *Paeonia hybrida*, introduction, phenology, morphometry and biology of flowering and seed production.

Введение

Проблема сохранения генофонда дикорастущих растений, и в первую очередь – исчезающих видов, приобретает в настоящее время особую актуальность. Часто они становятся редкими из-за различных экологических или биологических причин, а также ввиду активного изъятия населением из природных местообитаний. Так, в Республике Башкортостан в настоящее время реальная угроза исчезновения, если не предпринять срочных мер, существует для пиона степного (*Paeonia hybrida* Pall.). Одним из перспективных способов сохранения данного растения является разведение его в контролируемых условиях. Это позволит досконально изучить биологические особенности вида и тем самым выявить возможности его сохранения в условиях культуры (Reut, 2010).

За 2009–2013 гг. на базе БСИ были выполнены работы по изучению биологических особенностей *P. hybrida* при культивировании в условиях лесостепной зоны Башкортостана. На 4–6-летних особях пиона изучены динамика роста, фенология, декоративные признаки, зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, семенная продуктивность, способность к саморасселению.

Материалы и методы

P. hybrida, произрастающий в пределах Алтая, Тянь-Шаня и Памиро-Алая, недавно обнаруженный на территории Башкортостана, включен в «Красную книгу РСФСР» (Krasnaya kniga RSFSR, 1988), статус 3 (R) – редкий вид. Декоративное растение. Ксерофит, распространен в степной области, где растет на лугах, в зарослях степных кустарников, на открытых травянистых или каменных склонах преимущественно южной ориентации.

Впервые в Башкортостане работа по интродукционному изучению данного вида была проведена О. А. Кравченко в 1957–1962 гг. на базе

Ботанического сада г. Уфы. Растения были выращены ею из семян, полученных из ботанических садов Ленинграда и Ташкента. Семена с растений флоры Башкортостана (Хайбуллинский район, с. н. Воздвиженка) были собраны и завезены в Ботанический сад только в 2003 году (коллекторы А. А. Мулдашев и А. Х. Галеева).

Изучение сезонного ритма растений проводили по общепринятой в ботанических садах методике ГБС (Technique…, 1972). Семенную продуктивность определяли по методике И. В. Вайнагия (Vajnagij, 1974). Зимостойкость изучаемых видов определяли по проценту погибших растений от общего их числа (Concepts…, 1971). Декоративность, а также устойчивость к болезням и вредителям – по методике государственного сортоиспытания декоративных культур (Technique…, 1960). Оценка успешности интродукции пионов – по методике Донецкого ботанического сада (Bakanova, 1984).

В 2012–2013 годах на базе БСИ были проведены опыты по повышению семенной продуктивности *P. hybrida* с использованием синтетических регуляторов роста по следующей схеме:

– препарат «Завязь» 0,2% водный раствор (действующее вещество – гиббереллиновых кислот натриевые соли – 5,5 г/кг), расход – 1,5 л/10м²;

– препарат «Гетероауксин» 0,01% водный раствор (действующее вещество – индолил-3-уксусной кислоты калиевая соль – 50 г/кг), расход – 1 л/10 м^2;

– препарат «Фэтил» 0,0005% водный раствор (действующее вещество – 5-этил-5-гидроксиметил‑2‑(фурил‑2)‑1,3–диоксан), расход – 1 л/10 м^2;

– без регуляторов роста (контроль).

Обработку растений проводили однократно во второй декаде мая в фазе цветения. Для определения семенной продуктивности сбор семян проводили в фазу полного созревания (вторая половина июля).

В 2013 году на базе БСИ проведены опыты по изучению влияния минеральных удобрений и физиологически активных веществ на габитус и семенную продуктивность *P. hybrida.*

Опыт был заложен в апреле. Объекты исследования – средневозрастные кусты в фазе бутонизации. Вариантами опыта являлись следующие комбинации:

– смесь удобрений (одноразовая подкормка: на 1 куст пиона 60 г суперфосфата + 50 г хлористого калия + 65 г мочевины);

– «Гетероауксин» 0,01% (опрыскивание, 60 мл на куст);

– «Фэтил» 0,0005% (опрыскивание, 60 мл на куст);

– смесь удобрений + «Гетероауксин» (подкормка + опрыскивание);
– смесь удобрений + «Фэтил» (подкормка + опрыскивание);
– контроль (без обработки).

Замеры параметров кустов проводили в фазе полного созревания семян.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных интродукционных исследований выявлено, что в лесостепной зоне Башкирского Предуралья начало весеннего отрастания пиона отмечается во II–III декадах апреля. Уже через 10–15 дней с момента отрастания появляются первые бутоны. В фазе бутонизации отмечается максимальный суточный прирост растений (0,8–1,0 см). *P. hybrida* ценится своим ранним цветением. Он зацветает раньше на месяц, чем культурные пионы и заполняет весенний бесцветочный период. От начала вегетации до цветения проходит в среднем 24 дня. Цветет пион степной во второй декаде мая (16.05±2), начиная с четвертого года жизни.

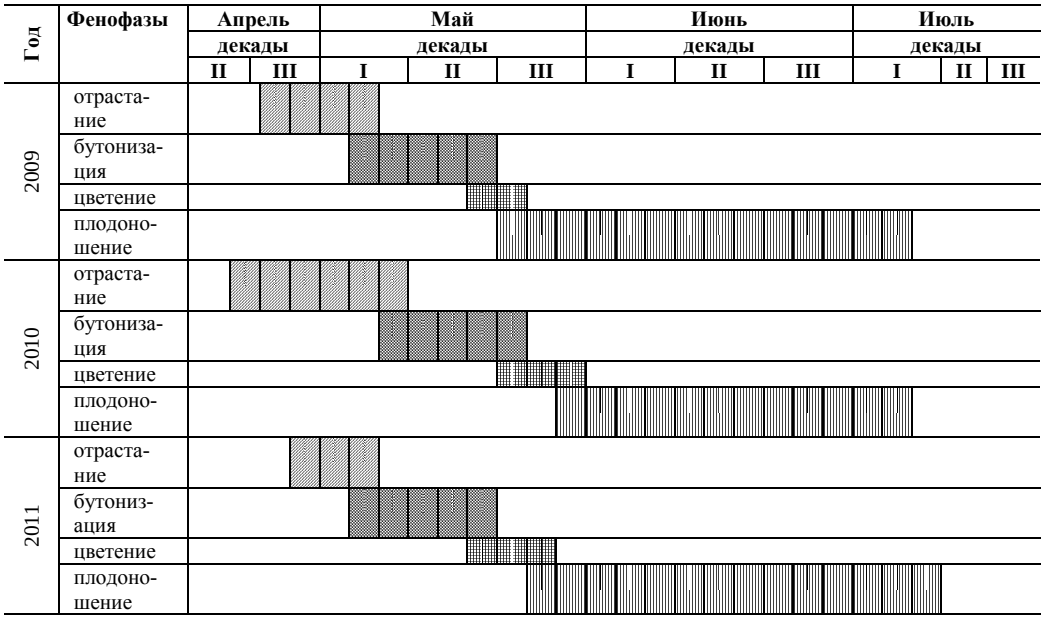
Куст *P. hybrida* очень компактный, высотой 25–30 см. Цветоносы тонкие, поникающие, в количестве 5–7 штук. Каждый из них несет по одному немахровому, открытому, диаметром 6–8 см, пурпурному цветку. Одновременно цветут от двух до четырех цветков. Черешки с антоциановой окраской. Лепестки продолговато-овальные, края – неровные, волнистые, в количестве 7 штук, длина и ширина их составляет 4,5 и 2,3 см соответственно. Тычиночные нити белые, гинецей из трех плодолистиков, сильно опушенных белыми волосками, рыльца розовые. Период бутонизации длится 15–19 дней. Рыльце созревает в полураскрывшемся бутоне и остается деятельным спустя два дня после раскрывания околоцветника. Пыльца начинает высыпаться в день раскрытия околоцветника. Созревание тычинок начинается с наружного круга. Пыльца фертильна. Продолжительность цветения одного цветка 3–5 дней, одного куста – 6–7 дней.

Более 75% цветков завязывают плоды – многолистовки. Семена созревают на 45 день после цветения (12.07±2). Плодолистиков от 2 до 5 штук. Они густоопушенные бурые. В каждом плоде закладывается 23±2 семяпочки, однако семян завязывается не более 12±2 шт. Семенная продуктивность достаточно высокая – 450,3±6,5 семян на одну особь, при потенциальной семенной продуктивности 750,3±8,5. Грунтовая всхожесть

семян составляет 48%. В культуре можно размножать семенами и вегетативно.

Рост растений прекращается во второй декаде июня. Осенняя окраска в культуре появляется в первой декаде августа, к середине августа начинается пожелтение. К началу сентября надземные части полностью засыхают. Период вегетации продолжается 130–150 дней.

Анализ многолетних феноспектров, построенных по методу Н. А. Аврорина (Avrorin, 1953) для оценки соответствия ритма и развития растений к условиям лесостепной зоны Башкирского Предуралья, показал, что у *P. hybrida* ритм жизни соответствует условиям новой среды – феноспектры у него устойчивого типа (рисунок).



Феноспектры сезонного развития *Paeonia hybrida* в культуре на территории Башкортостана

Для определения декоративности вида использовали 100-балльную шкалу (Technique…, 1960). Из декоративных признаков оценивали: окраску цветка (до 20 баллов), величину цветка (до 10), форму цветка (до 10), махровость (до 15), прочность цветоноса (до 5), декоративность куста (до 5), обилие цветения (до 5), длительность цветения (до 5), аромат (до 10), оригинальность (до 10), состояние растений (до 5). В результате *P. hybrida* набрал 80 баллов. Наибольшее количество высших оценок

изучаемый вид набрал по следующим признакам: окраска, величина и форма цветка, обилие и длительность цветения, устойчивость цветка к неблагоприятным условиям и состояние растения.

Хозяйственно-биологические достоинства вида оценивали в пределах 50-балльной шкалы по следующим критериям: продуктивность цветения (до 15 баллов), репродуктивная способность (до 15), период цветения (до 10), размер цветка (до 5), общая устойчивость к неблагоприятным условиям (до 5). *P. hybrida* набрал 40 баллов, что характеризует его как перспективный вид. Он обладает длительным цветением; является высокопродуктивным, многостебельным.

По 7-балльной шкале оценки успешности интродукции *P. hybrida* получил 6 баллов. Это означает, что данный вид регулярно массово цветет и плодоносит, устойчив к местным климатическим условиям (высокозимостойкий, засухоустойчивый, не поражается болезнями и вредителями). Наблюдался единичный самосев.

Таким образом, *P. hybrida* с успехом можно использовать в озеленении городов и населенных пунктов лесостепи Башкортостана в рокариях, миксбордерах, группах, а также для создания искусственных плантаций на лекарственное сырье.

Анализ изменений элементов семенной продуктивности пиона под действием регуляторов роста показал, что для изученного вида наиболее эффективным препаратом является «Гетероауксин». При обработке пиона данным регулятором роста процент плодообразования возрос в 1,2; потенциальная семенная продуктивность – в 2,3; реальная семенная продуктивность – в 2,4 раза (таблица). При этом отмечалось увеличение размеров листовок в 1,3 раза, а количество семян в листовке на 1–5 штук. Судя по максимальным значениям коэффициента продуктивности (64,7%) в данном варианте опыта наиболее полно реализуется адаптационный потенциал данного вида (Reut, 2011).

Также эффективным, но в меньшей степени, оказался препарат «Завязь». При обработке пиона этим регулятором роста процент плодообразования возрос у данного вида в 1,3; потенциальная семенная продуктивность – в 1,1; реальная семенная продуктивность – в 1,1 раза (таблица). Под действием данного препарата процент плодообразования достигал своих максимальных значений. Однако при этом существенно уменьшилось количество семяпочек и семян в плоде (на 2–6 и 1–5 шт. соответственно), за счет чего семенная продуктивность особей увеличилась незначительно (Reut, Mironova, 2012).

«Фэтил» ингибировал процессы цветения, а также завязывания плодов и семян у *P. hybrida*. При этом количество раскрывшихся бутонов на кусте уменьшилось в 1,2 раза; процент плодообразования – в 3,6; потенциальная семенная продуктивность – в 1,5; реальная семенная продуктивность – в 3,0; коэффициент продуктивности – в 2,0. Также уменьшилось количество семяпочек и семян в плоде (на 3–5 и 2–6 шт. соответственно). Возможно, это связано с неверно выбранными сроками обработки растений (Mironova, Reut, 2014) [Миронова, Реут, 2014].

Под действием регуляторов роста достоверно увеличились только некоторые количественные показатели семенной продуктивности в следующих вариантах опыта: «Завязь» – реальная семенная продуктивность; «Гетероауксин» – реальная и потенциальная семенная продуктивность. При этом качественные показатели (окраска и форма плодолистиков, семян) остались прежними, а размеры и масса семян изменились незначительно. Следует отметить, что в опытных вариантах у всех видов сроки цветения и созревания семян наступали на 1–2 дня раньше по сравнению с контролем (Reut, Mironova, 2011).

Влияние синтетических регуляторов роста растений на показатели семенной продуктивности *Paeonia hybrida* на территории Башкортостана
(в среднем за три года, в пересчете на одно растение)

Показатели	Варианты			
	контроль	**«Завязь»**	**«Гетероауксин»**	**«Фэтил»**
Плодообразование, %	76,3	98,0	88,1	21,1
Потенциальная семенная продуктивность, шт.	750,3±8,5	790,1±8,3	1700,3±9,3*	500,1±7,1*
Реальная семенная продуктивность, шт.	450,3±6,5	500,2±7,2*	1100,3±9,3*	148,3±4,2*
Коэффициент продуктивности, %	60,0	63,3	64,7	29,6

*отличия по сравнению с контролем достоверны при P=0,95

В результате проведенного опыта по изучению влияния минеральных удобрений и физиологически активных веществ на габитус и семенную продуктивность *P. hybrida* выявлено, что положительное влияние на габитус растений оказали: смесь удобрений (высота куста превысила контроль в 1,2 раза; диаметр – в 1,1 раза), «Гетероауксин» (в 1,2 раза и 1,1 раза), смесь удобрений + «Гетероауксин» (в 1,4 раза и 1,2 раза соответственно) (Reut et al., 2006).

Установлено, что в варианте опыта удобрение + «Фэтил» увеличился период вегетации растений на 8–10 дней. Существенного влияния на семенную продуктивность пиона степного не выявлено.

Заключение

Таким образом, введение в культуру в лесостепной зоне Башкортостана *P. hybrida* перспективно. Особи данного вида декоративны, благополучно проходят все фазы сезонного развития, высокозимостойкие и засухоустойчивые, образуют жизнеспособные семена и могут быть размножены и выращены с использованием элементарных агротехнических приемов. Для повышения семенной продуктивности и улучшения декоративных качеств пиона могут быть использованы минеральные подкормки и синтетические регуляторы роста.

Литература/References

Avrorin N. A. Acclimatization and phenology// Bull. of the Main Botanical Garden. 1953. Iss. 16. P. 20–25. (in Russian)

Bakanova V. V. Ornamental perennials of open ground. Kiev: Nauk. dumka, 1984. 156 p. (in Russian)

Concepts, terminology, methods and evaluation work on plant introduction. M.: Botanic Gardens of the USSR, 1971. 11 p. (in Russian)

Krasnaya kniga RSFSR (rasteniya). M.: Rosagropromizdat, 1988. 590 p. (in Russian)

Mironova L. N., Reut A. A. Influence of fertilizers and growth regulators during cultivation peons in Bashkortostan // Scientific papers of the State Scientific Institution North Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2014. Vol. 6. P. 131–136. (in Russian)

Reut A. A. Biology and reproduction of the genus *Paeonia* L. when introduced into the forest-steppe zone of the Bashkir Urals // Dis .... cand. biol. nauk. Ufa, 2010. 196 p. (in Russian)

Reut A. A. Seed productivity of wild peonies and how to improve // Belgorod State University. Natural Sciences. 2011. N. 3 (98). Iss. 14/1. P. 134–140. (in Russian)

Reut A. A., Mironova L. N. Effect of plant growth regulators on seed production of peons, cultivated in the Bashkir Urals // Agrochimiya. 2012. N 2. P. 53–58. (in Russian)

Reut A. A., Mironova L. N. The seed production of peons by culturing in the Bashkir Urals and ways of enhancing // Herald of the Voronezh State University. Seria: Geography. Geoecology. 2011. N. 2. P. 79–81. (in Russian)

Reut A. A., Mironova L. N., Fedyaev V. V. The use of growth regulators at seed breeding plant family *Paeoniaceae* Rudolphi // Bulletin of Bashkir University. 2006. N. 4. P. 53–54. (in Russian)

Technique of phenological observations in botanical gardens. M.: GBS AN SSSR, 1972. 135 p. (in Russian)

Technique of the state variety trials ornamental crops. M.: MSX RSFSR, 1960. 182 p. (in Russian)

Vajnagij I. V. On the method of studying seed production plant // Botanical journal. 1974. Vol. 59. N. 6. P. 826–831. (in Russian)

УДК 581.6:633.1:633.854.78:634.2:635.5:575.1:581.573.4

DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-197-209

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ АСПЕКТ В ОРГАНИЧЕСКОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С. К Темирбекова[1], Д. Д. Ван Мансвельт[2]

[1]Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, Россия, Москва, e-mail: sul20@yandex.ru

[2]Консультирование людей, Нидерланды, e-mail: jandiek@vanmansvelt.nl

Реферат

Представленное исследование посвящено доказательству важности всестороннего изучения изменчивости признаков растений в пределах их популяций. Результаты исследования служат подтверждением основных генетических принципов развития растений; знание адаптивной роли структуры экоэлементов популяции, как показано в публикации, дает возможность предположения основной стратегии размножения растений.

Различные сорта пшеницы из различных географических и экологических местонахождений были исследованы в той же самой климатической зоне. Изменчивость фенотипического состава популяций была проанализирована с использованием эффекта различных сроков посева, температурных факторов, режима освещения. Проведенное исследование популяционной структуры культурных растений позволило выявить широкий спектр изменчивости различных признаков, что может быть использовано для улучшения сортовых качеств культурных растений.

С использованием методов популяционного анализа растений любое число вариантов сочетаний различных признаков может быть проанализировано, изолировано и впоследствии использовано для усовершенствования сортов.

Ключевые слова: популяционная структура, культурное растение, сорта, пшеница

POPULATION ASPECT IN ORGANIC AGRICULTURE

S. K Temirbekova[1], J. D. Van Mansvelt[2]

[1]Federal State Scientific Institution All-Russia Selection-Technological Institute of Horticulture and Nursery, Moscow, e-mail: sul20@yandex.ru

[2]Mans' Consultancy, 1151ER43 The Netherlands email: jandiek@vanmansvelt.nl

Abstract

The presented research points to the significance of a comprehensive study of variability in plant varieties within their populations. That study would refer to the

genetic principles of evolution. Knowledge of an adaptive role of the eco-element structure of a population, as presented in this paper, paves a new way to a promising basic strategy in plant breeding.

Different wheat varieties from various geographical and ecological locations were investigated in in the same climatic zone. An effect of different dates of seeding, temperature factors, light regime were used; the variability of phenotypic composition of populations was investigated.

From our investigation in the population structure of cultivated plants we are to conclude that such a population has quite big reserves of variability that can be widely used in plant breeding to improve existing varieties and develop new ones. Efficiency of intra population selection can be greatly improved under conditions of maximum disclosure of an apparent, or a probable, structure of latent reserves of the population variability. Using methods for population analysis, any number of varieties can be analyzed, isolated and subsequently used for the improvement of varieties.

Key words: population structure, cultivated plant, wheat, varieties

Introduction

In this paper we start with historical and theoretical considerations to build a framework for the empirical results published in the second part.

Till the present time breeders' attention has been focused on an increase in plant productivity. This resulted in a paradox: yielding capacity of newly developed varieties grows while yield stability goes down and quality of produce does not always meet approved standards.

On the other hand, the role of the environment in manifestation of variety is well known. Usually plant breeders look for abiotic factors. The role of intra population relations is actually overlooked. Today a population approach is the most important in today's breeding of cross-pollinated and self-pollinated crops. Using population approaches in breeding will allow to raise sustainability and quality of yield, and to breed varieties that are tolerant to abiotic and biotic factors (Molchan, 1990; Temirbekova, 1994).

Already E. Sinskaya and her scholars (Sinskaya, 1939-1963) revealed that the varieties of cultivated plants consisted of a number of forms that differed in morphological and physiological characters. Variations met in populations were found to be in a dynamic equilibrium and to guarantee the stability of the populations' productivity in time. E. Sinskaya (Sinskaya, 1964) pointed out that the issue of populations' structures would have an impact on theory and practice of plant breeding strategies.

Variations in crops viz. their development is a starting point in plant breeding. This variability refers to diversity of individuals and groups of

individuals in populations that differ to some degree in character and property. Variability is inherent to all organisms, which means that in nature no individuals are absolutely identical in all their characters and properties. The term "variability" is used to denote the ability of a living organism to be changed by endogenous and exogenous factors, which is to specify transformations occurred in the evolution process (Agaev, 1987). Here also other authors (Jablonka and Lamb, 2005) should be mentioned, who cretinously elaborated the concept of epigenetic factors (GRS, 2015), wherein the above mentioned variability is included.

According to N. Vavilov (Vavilov, 1957, 1962) the main role in increasing plant productivity and, for example, grain quality, is assigned to modification, i.e. non- hereditary form of variability. Vavilov explains this phenomenon by arguing that variability per se is genetically determined, and defined by the rate of response of a genotype to environmental conditions. Vavilov's estimation of the role of modification variability is in full agreement with his conclusion that "agricultural backgrounds for plant breeding ... as well as development conditions are of the foremost significance".

Here we argue that in plant breeding, considerable significance should be assigned to a comprehensive study of plant variability in their populations, referring to the epigenetic aspects of evolution (Jablonka and Lamb, 2005). Therein the notion of intra population reserves of variability, viz. their variability potential should be included.

Population botany regards all varieties - with pure lines included as lower taxonomy units of cultivated plants in their nature - as populations. Their relative homogeneity at any moment is short-term or illusory (Sinskaya 1961, 1979, 1991). Variety populations, irrespective of specificity, actually show common population regularities.

That is why investigations in population variability of varieties must, first of all, comply to the principles of phyto-population analysis. They disclose new layers of variability of cultivated plants that have not yet been utilized in the breeding process. In addition, knowledge of regularities of population variability of cultivated plants is an important prerequisite to develop a strategy to manage their ‘cultural’ evolution in landscape management and in plant breeding (Sinskaya 1939–1964).

Arguments for that approach are:

First: populations in general and phytopopulations in particular, are "accumulators of variability", because they contain and store considerable reserves of variability. They kind of “absorb” heterozygous mutations.

Second: populations are highly dynamic units of life, somehow the

“generators of variability", wherein genetic processes of new formation and transformation of variability continuously occur.

Third: populations are substrates, or "laboratories" of a cultivated evolution processes, during which the initial breeding material, under a breeder's influence, turns into the products of breeding: the varieties.

Fourth: successful maintenance of cultivars’ yielding capacity potential and stability at a high level, and also regularly improving seed production, can be warranted using results of a population variability analysis.

Based on population studies as mentioned, ecoelements can be understood as genetically determined and adaptively significant units of the ecological structure of phytopopulations (Sinskaya, 1939; 1948; 1961; 1963; 1964; 1979, 2002; Jablonka, Lamb 1994; Jablonka 2004). Such ecoelements can be sources to form both new populations and new species. However, one should keep in mind that populations of some cultivars contain slightly expressed commencing eco-elements, or "incipient ecoelements". To reveal them it is necessary to use special disintegrating backgrounds, and to conduct comparative studies of incipient ecoelements as parts of variety populations. A. Gundaev (Gundaev, 1964) and V. Pustovoit (Pustovoit, 1966), two Russian plant breeders, achieved outstanding results by skillful detecting and using intra variety population variability in the process of selection of oil-bearing sunflower varieties (up to 60% of oil).

Adaptative plasticity of phytopopulations is increasing due to their eco-elemental structure, i.e. their adaptability to ever changing environmental conditions. Poly eco-element populations, with their intricate ecological and genetic structure, should be considered as the most ideal model of the adaptive varieties of the future. Such varieties can always withstand adverse biotic and abiotic conditions.

Knowledge of an adaptive role of the ecoelement structure of a population paves a new way to one of the promising basic strategies of plant breeding.

To develop the principles of population selection for organic agriculture, one should consider first of all the comment made by E. Sinskaya (Sinskaya, 1961): genetics of the population is not genetics of organisms and also variability of a population is not variability of an organism. That is why scientists have to use different methods in order to study and bring changes to an organism, or a population.

E. Sinskaya pointed to the necessity to develop new methods for a genetic analysis of a population and suggested disintegrating backgrounds to be used for this purpose.

The Results and Discussion

According to the character of population variability we can subdivide ecosystem backgrounds into:

1. Stabilizing, or integrating systems, that provide maintenance of a given phenotypic structure of a population;

2. Leveling systems that can hide variability in a population;

3. Disintegrating systems where population variability can be manifested in the most complete and pronounced manner.

General picture of variability can be observed more easily against these three backgrounds. Using them makes the selection of separate ideotypes and their groups easier. For example, a provoking background serves well for the most vivid manifestation of certain plant the breeding process is aimed at.

4. The optimal background is not always the most polymorphous one. The optimal background can be also leveling. To choose the optimal background one should keep in mind the main purposes for growing a certain crop.

The idea of E. Sinskaya about the importance of disintegrating backgrounds has been further developed by M. Agaev (Agaev, 1987) who revealed "bursts" of variability even in pure line varieties. E. Jablonka and M. Lamb (Jablonka, Lamb, 2005) also elaborated vastly on this field of epigenetic knowledge.

Contrast conditions of crop growing (Sinskaya, 1963) exerted particularly strong influence on the increased phenotype polymorphism in a population. Namely, it is a specific feature of modern centers of intensive species formation; it promotes establishment of balanced genetic heterogeneity of variety populations and increase in their plasticity (Sinskaya, 1937). She classified the effect of climatic, soil and biotic factors according to their rate and direction of form building. It is very important to elaborate these relationships, as well to find their relevance for plant breeding, as well as for the rational distribution of breeding centers seen from an ecological point of view.

A native population retains its variability in a relative stability. Sudden hereditary variations can occur when biotypes are grown in conditions that differ from those where the rate of the biotype response has developed as a result of natural selection (Sinskaya, 1961). However, as variations in variety population, under unusual growing conditions, most frequently,occur within limits of this ‘natural’ rate, there is no evidence of variations in certain genotypes. These variations simply remain unseen. E. Sinskaya (Sinskaya,

1962) strongly opposed the idea that all new formations in mutagenesis experiments were referred to as resulting from mutations, since what was seen as a mutation phenomenon was actually the result latent variability ‘coming out’ (showing up). A phenomenon is typical for self-pollinated plant species.

The use of disintegrating backgrounds allowed to set possible mechanisms of micro evolutionary transformations of a population’s variety structure. It turned out that under different growing conditions changes in the proportion of certain biotypes were found (Sozinov et al., 1985; Molchan, 1986, 1990). This means that a variety - as any balanced population - is an ecological and geographical notion (Sinskaya, 1948); an integral and dynamic system.

Variety study is very important for development of scientific bases of seed production. Without such studies we are permanently doomed to suffer losses in outstanding varieties - masterpieces of breeding work. And even today it is rather unclear whether a new variety that replaces an old one is superior to the latter in its initial worth, or that the superiority of a new variety is attributed to the deteriorating of qualities of an old variety during the seed production process (Sinskaya, 1963).

Conditions facilitating species’ disintegration include:

1. Trials at various geographical and ecological locations in the same climatic zone.

In this context A. Gorsky (Gorsky, 1960) has conducted trials of many winter rye and wheat varieties in four geographical locations. Comparative analyses of varieties grown in two ecological nurseries located at a short distance from each other - in the foothill zone of the North-Western Caucasus (the Belaya River valley) and on the slope 300 meters higher, revealed the different phenotypic compositions of wheat and rye varieties.

B. Heyden (Heyden, 1995, 1997) presented trials with winter wheat (photo, Temirbekova). He showed that there were not any phenotypic differences in winter wheat variety ‘Probus’ during the 30 year period of its growing in Switzerland. But when this old Swiss variety was grown in Salem city and Bodensee city in Germany, interesting new biotypes had been singled out from the variety population. Thus, different soil conditions can be used as disintegrating backgrounds to study population composition.

Here results from Palamarchuk (1962) are of great interest. He studied the effect of different environmental factors on clover seed formation and plant vitality in hybrid populations. Heterosis was manifest only when hybrid seeds were sown in equal, or better growing conditions. When grown in peat bogs,

the highest yield of hybrid clover was obtained from the seeds grown in the same peaty conditions.

When winter wheat variety ‘Diplomat’ was grown on Wiggenweiler, Rimpertsweiler and Lichtheg farms with different soil types, different phenotypic biotypes were obtained (Heyden, 1995; 1997).

2. Different dates of seeding

B.Heyden (1995; 1997) used different dates of seeding, deviating from the optimal date by two weeks or more, as disintegrating backgrounds for populations. He obtained interesting biotypes from varieties ‘Monopol’ and ‘Diplomat’ when deviations of the optimal sowing date were 2, 3, or 4, 5, 6 and 7 weeks.

Exhibition in Dornach, 1998. New biotypes by Dr. B. Heyden

R. Steiner (Steiner, 1924) in his agricultural course recommended later sowing dates to have better results in seed production of wheat. Late sowing of spring wheat resulted in the "burst" of variation in its population.

A. An effect of temperature factors on vernalization phase and disintegration of population into biotypes can be studied using a "stepped" approach to spring sowing -sowing begins from the emergence date every day,

every other day, or every other two days.

V. Koryakina (Koryakina, 1961) studied the effect of variable temperature (day temperature was up to 20 C and night temperature was 0-1 C) on the young plants of red clover. This temperature regime enhanced and increased one time hay harvest and caused a number of morphologic changes of leaves and blossoms. Variable temperature resulted in enhanced development of clover and increased seed yield. It is no doubt that by using the same methods in trials one could distinguish different behavior of different groups of biotypes in variety populations;

B. Date of seeding in combination with presowing vernalization of different duration. E. Sinskaya and Vorobyeva (Sinskaya, Vorobyeva, 1964) revealed the effect of these factors in their experiments. They noted the exceptional richness of winter wheat variety populations in comparison with populations sown on the common date of winter seeding.

3. Effects of light regime on the variability of phenotypic composition of population.

The following variants were used (Sinskaya, 1964):

– a day length and a night length and "critical photoperiods"
– an effect of contrast photoperiods
– an effect of light quality
– light intensity
– an effect of a day length together with presowing vernalization and different temperatures.

It is essential to choose a disintegrating background in accordance with geographical origin of a variety (regional ecotype) and a certain trait under study.

A. This is an example of the combined effect of photoperiod and temperature factors. White acacia from Pamir region and Belorussia grown on a long day in St. Petersburg, Russia (10-13 hours) was damaged by frost by 100% (there was no selection for frost resistance, all plants died off), but when grown in Moscow it was damaged by 28%. Frost resistant forms have developed in the process of natural selection. Background in St. Petersburg with its 10-hours day length turned out to be the best disintegrating background. When populations of white acacia from Pamir region, Belorussia and Moscow were studied against this background with the aim to select the

most frost resistant biotypes, the number of frost damaged plants was 54%, 72% and 33% correspondingly. The most frost resistant biotypes survived in each population (Moshkov, 1940).

B. This is an example of the effect of different light quality on plants. For the southern varieties of peas and vetch the midday light was the most favorable, for the northern varieties - morning and evening light. The light regime of the previous year also had a certain effect on in generations and the composition of a population.

The alternation of contrast photoperiods in many cases has a great effect on phenotypic composition of populations and causes "bursts" of variability. An alternation of contrast photoperiods produces greater effect than alternation of two durable photoperiods. To achieve the maximum effect an alternation of contrast photoperiods must be used during the certain phase of organogenesis, in accordance with the phase of plant development. For example, different radiations (radiation genetics) cause hereditary changes in *Perilla* species. The effect of radiation also helps to reveal hidden variability in its populations. Probably it is better to treat plants at the phase when generative organs are set and formed, but not seeds.

A. Krjuchkov (Krjuchkov, 1962) performed a single selection of radish in a greenhouse using winter sowing date (Moscow region). He obtained forms of radish that could develop marketable roots when grown under conditions of limited light in combination with high air temperature. Selection process under conditions of winter sowing date resulted in development of radish forms adapted to conditions peculiar for that sowing date. He also managed to obtain radish forms that were resistant to early stem formation by selection of so called plus-forms in conditions of cold growing (frames of a hotbed were removed). Families of plus-forms differed from families of minus-forms (forms with larger tendency to early stem formation) in larger size of roots, less length and number of leaves.

Selection of radish plants in conditions of deep sowing enabled to obtain forms with round roots from the variety population. These forms almost didn't react to deep sowing. This new variety was free from biotypes that could change the shape of roots from round into oval, or elongated.

A. Krjuchkov's experiments devoted to growing radish against the background with dense planting versus normal rate of sowing are of great interest. Two-time selection process of radish under conditions of a very dense sowing resulted in radish forms that differed from an original variety ‘Saksa’ in early root formation, resistance to dense sowing, shape of leaves and root anatomy.

In China broad scale experiments with growing many crops under conditions of dense sowing and planting resulted in extremely high yields. Any deviations from the optimal rate of sowing can greatly affect selection process (Kryuchkov, 1962).

Influence of phytocenosis (the most complex background) on variability of population composition is not studied very well yet. Is phytocenosis always a leveling background that promotes "smoothing" and leveling of variability? In general, geneticists and plant breeders underestimate the significance of environmentally hidden variability and Possibility of its transformation into heredity category.

Tendencies in natural plant selection are determined by concrete environment. A plant breeder has to choose a proper background when he starts breeding. For example, growing conditions in the North are favorable for selection of late biotypes of timothy-grass of the Northern origin, but in the South - for early biotypes.

Conclusions

Three main conclusions:

– First: a population of cultivated plants, per se including "identical" cultivars, has quite big reserves of variability that can be widely used in plant breeding to improve existing varieties and develop new ones.

– Second: efficiency of intra population selection can be greatly improved under conditions of maximum disclosure of an apparent, or a probable structure of latent reserves of the population variability Consequently, if we want to speed up a breeding process, it is necessary to develop and use disintegrating and provoking backgrounds and other methods for the population analysis and intra population selection.

– Third: with the help of the population analysis method any variety can be analyzed with the subsequent isolation and improvement of certain most promising elements.

This kind of work can accelerate and improve the efficiency of a breeding process.

These conclusions can be confirmed by the following example. Wheat varieties grown in the 60-70s in the former USSR were developed with the help of intra variety breeding method, i.e. on the basis of population variability reserves. ‘Bezostaya 1’, a renowned winter wheat variety is the result of an individual selection of ‘Bezostaya 4’ population (Luk'yanenko, 1969, 1973). Frost resistance variety ‘Albidun 114’ can serve a model of frost resistant

variety; it was also selected in ‘Albidum’ 11 variety population.

Note that this approach is not efficient when a plant breeder works with pure lines.

On the other hand, it is rather important to know what can be achieved by repeated selection. The efficiency of selection of controlled by one, or a few genes is not high. Such pass quickly into homozygous state and can be revealed at early stages of breeding. Polygenic quantitative are quite different. Form-building process of such can go on for a long time. However, as E. Jablonka and M. Lamb (Jablonka, Lamb, 2005) point out, the number of properties based on few genes, is rather low; which makes the relevance of variety selection much bigger.

Most efficient inter variety selections have been carried out for quantitative Here I miss the point. For example, E.D. Nettevitch successfully used this method to develop baking qualities of spring wheat, ‘Varenitsa’ and ‘Sandukhadze’ (Temirbekova, 2014) used this method to improve the trait - 1000 grain weight in winter wheat.

Susceptibility of cereals to the enzyme-mycotic depletion in seeds (EMDS) is also a polygenic complex character. EMDS is a complex process resulting in yield decrease, deterioration of baking and sowing characteristics and seed infection with phyto-pathogenes (Temirbekova, 1994).

Results of our numerous studies of old and new winter wheat varieties have revealed that inter variety selection is promising and rather efficient for selection of ideotypes with higher EMDS resistance and other important economic characteristics. (Temirbekova, 1994, 2014).

Литература/References

Agaev M. G. Variety population variability and its importance for breeding. //Transactions. Applied botany, genetics and selection. L. 1987. Vol. 100.

Gordon Research Conference Epigenetic Dynamics: Roles in Development, Inheritance, and Responses to the Environment, 2015. URL: http://www.grc.org/programs.aspx?id=12522 (Дата обращения: 13) февраля 2015 г.

Gorski A. M. Diversity of variety populations of winter wheat and rye in spring crops in different geographical places // Applied botany, genetics and selection. 1960. v. 33. N 3.

Gundaev A.I. A breeding method to detect morphological and biologic groups and harmful recessive in sunflower variety populations. // Transactions. Applied botany, genetics and selection. 1964. Vol. 36. Issue 2.

Heyden B. Mitteilungen aus der Arbeit // Keyserlingk-lnstitut Heft N 11. Advent 1995. S. 10-18.

Heyden B. Mitteilungen aus der Arbeit // Keyserlingk-lnstitut Heft N 12. Advent 1997. S. 12-25.

Jablonka E, Lamb MJ: Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life. Bradford Books/The MIT Press; 2005. 472 p. ISBN: 0262101076.

Jablonka E. From replicators to heritably varying phenotypic traits: The extended phenotype revisited. *Biology and Philosophy,* 19 (3):353–375 (2004)

Jablonka, Eva & Marion J. Lamb. Epigenetic inheritance and evolution: the Lamarckian dimension (1994) The significance of epigenetic inheritance systems. Iyun, 42, 533–539. (in Hebrew).

Koryakina V. F. Morphological changes in annual red clover crop as by variable temperatures // Plant morphogenesis. 1961. Vol. 1. p. 5–11.

Kryuchkov A. V. The use of environmental factors that favor the choice of valuable forms in root plant breeding: Abstract of thesis for Candidate of Science degree. L. SHI. 1962. pp. 25

Luk'yanenko P. P. Hybridization of remote ecologic and geographic forms of winter wheat. // Selection of self-pollinated crops. M. 1969. p. 9–21.

Luk'yanenko P. P. Selection and seed production of winter wheat. M. 1973. pp. 448.

Molchan I. M. Selection and genetic aspects of eco-toxicants content reduction in crop produce. // Agricultural biology. 1986. N 1. P. 55–56.

Molchan I. M. Winter rye inter variety differences in accumulation of caesium – 137 in polluted zone of the Chernobyl nuclear power station. // Theses of papers. Obninsk. 1990. 1. pp.64-65

Moshkov B. S. On crucial and optimal photoperiods. // Soviet 3tany.1940. Vol. 40. N 4. p. 15-20.

Pustovoit V. C. Selected works. M. 1966. pp. 305.

Sinskaya E. N. On general natural laws of ecological-geographical diversity in wild and cultivated plants populations. //Applied botany genetics and selection. 1964. v. 36. N 2. p. 3-13.

Sinskaya E. N. Problem of population in higher plants. L., Selkhozizdat. 1963. N 2. pp.123.

Sinskaya E. N. Species and its structural elements on different levels of organic world. // Bull. VIR. 1979. Issue 91. pp. 7-24.

Sinskaya E. N. Species dynamics. M.: Selkhozizdat. 1948. pp. 526.

Sozinov A. A. Protein polymorphism and its role in genetics and selection. M. Nauka. 1985. pp. 272.

Steiner R. Landwirtschaftl. Kurz. 1924.

Temirbekova S. K. Models of adaptive grain crop varieties with resistance to enzyme-mycotic depletion in seeds. // Agrarian science. 1994. N 4.

Temirbekova S. K., J. D. van Mansvelt, B. Heyden, Afanasyeva Y.V., Ionova N.E. Identification of hidden variability in the populations of crop variaties.

Problems of crop evolution and systematic. Abstracts of the presentations at the II International Scientific Conference held to commemorate the 125th birthday of Evgenia N. Sinskaya in St. Petersburg on 9–10 October 2014. p. 45

Vavilov N. I. Scientific principles of wheat breeding. // Selected works. 1962. Vol. 3. pp. 222.

Vavilov N. I. World resources of cereals, grain legumes, flax; use of these crops in selection. M. – L., 1957. pp. 463.

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ
STUDYING AND UTILIZATION OF THE COLLECTION OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

УДК 58.02:633.52 DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-210-224

ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЛИНИЙ ЛЬНА С РАЗЛИЧНОЙ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ НА ШИРОТАХ, ТРАДИЦИОННЫХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И МЕЖЕУМКА

Н. Б. Брач, А. В. Домантович, В. А. Кошкин, А. А. Санин, Л. А. Косых
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: n.brutch@vir.nw.ru

Реферат

35 линий генколлекции льна ВИР, различающиеся по происхождению и фоточувствительности, изучены в естественных условиях выращивания льна-долгунца (60°с. ш.) и межеумка (53°с. ш.), а также на искусственно созданном длинном и коротком (12-часовом) дне по продолжительности фаз всходы-цветение, цветение-созревание и высоте растений. Установлено, что при небольших различиях длины дня основное влияние на продолжительность фаз вегетационного периода оказывает температура воздуха. На высоту льна в аналогичных условиях кроме температуры влияет и интенсивность осадков. Кроме того, генотипы по-разному взаимодействуют с конкретными погодными условиями. Поэтому проведение географического изучения широкого разнообразия исходного материала позволит эффективнее отбирать перспективные генотипы для селекции.

Ключевые слова: лен, фоточувствительность, вегетационный период.

INTENSITY OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF FLAX LINES WITH DIFFERENT PHOTOSENSITIVITY IN THE LATITUDES TRADITIONAL FOR FLAX AND LINSEED

N. B. Brutch, A. V. Domantovich, V .A. Koshkin, A. A. Sanin, L. A. Kosykh
The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
St. Petersburg, Russia; n.brutch@vir.nw.ru

Abstract

Background. Recently, the sowing area of linseed (*Linum usitatissimum* L.) increased a lot in Russia, and now the crop is moving to the north – traditional area of

fibre flax. At the same time, the problem of rational utilization of its straw has arisen. Being a long-day plant, flax has low photosensitive genotypes. Also, the majority of its characters have individual reaction on photoperiod changes in different genotypes. **Objective**. Influence of different photoperiod duration on flax agronomic traits was evaluated in order to meet new demands of agriculture and improve the effective breeding of innovative varieties. **Materials and methods**. 35 lines from the flax genetic collection held at VIR, differing in origin and photosensitivity, have been evaluated in natural conditions of fibre flax (60°nl) and linseed (53°nl) cultivation, and in artificially created long- and short-day (12 hours) conditions for the duration of the phases "germination-flowering", "flowering-maturation", and for plant height. **Results.** It was found that within small differences in day length the main influence on the duration of vegetative period has air temperature. Under similar conditions, flax height, except for the temperature, is affected by intensity of precipitation. Additionally, the genotypes interact differently with specific environmental conditions. **Conclusion.** Conducting geographical study of a wide variability of source material will allow more efficient selection of perspective genotypes for breeding varieties for nonstandard conditions.

Key words: *Linum usitatissimum*, photosensitivity, vegetative period.

Введение

На протяжении нескольких тысячелетий лен продолжает оставаться одной из важнейших технических культур во всем мире. В основном его используют для получения волокна и масла. Традиционно в северных регионах выращивают лен-долгунец, а в южных – масличный. Однако в последнее время посевы льна-долгунца как во всем мире, так и в Российской Федерации значительно сократились из-за трудоемкости и дороговизны его выращивания и переработки. А производство масличного льна сильно увеличилось. По последним статистическим данным ФАО (Faostat, 2014), в 2012 г. общая площадь, занимаемая в мире масличным льном, составила 2 485 810 га, а под долгунцом – всего 218 919 га. В связи с этим селекционеры начали выводить сорта масличного льна для выращивания в регионах, прежде специализировавшихся на льне-долгунце.

Ранее было установлено, что лен – длиннодневное растение, и именно продолжительность дня в первую очередь определяет структурные характеристики растений и принадлежность их к долгунцам или масличному льну (Sizov, 1955). Таким образом, физиологические

особенности культуры препятствуют эффективности нового направления селекции. Однако в последние годы в коллекции ВИР были обнаружены линии льна, слабо чувствительные к фотопериоду (Brutch et.al., 2008; Domantovich et al., 2012). Этот факт открывает новые возможности селекции и теоретического изучения фотопериодической реакции растений.

Еще одним аспектом проблемы переориентации селекции льна является необходимость изучения влияния фотопериода на изменение хозяйственно-ценных и других признаков растений. XX век по этому вопросу оставил в литературе немногочисленные и противоречивые научные данные. Было установлено, что высота основной продуктивной части волокнистого льна – стебля – довольно устойчивый признак, но три фактора резко снижают ее у льна, это: короткий день, недостаток воды в почве и высокие температуры (Sizov, 1955). Однако по данным различных ученых, короткий день в отдельные периоды развития растений неодинаково влияет на их высоту. Так, по результатам одних исследований, укороченный день сразу после всходов не оказывает заметного влияния на высоту растений (Sizova, 1952), а по результатам других – сокращение дня в период световой стадии (первые 10 из 20 дней после всходов) замедляет рост растений, но по мере приближения к фазе цветения растения ускоряют рост и по высоте догоняют и перегоняют контрольные растения (Afonin, 1969). Короткий день после прохождения льном световой стадии, как правило, отрицательно влияет на рост его в высоту (Davidyan, 1955; Bel'denkova, 1960; Afonin, 1969). Растения, помещенные в условия короткого (10, 12 или 14 часов) дня в период быстрого роста, который начинается после окончания световой стадии, совпадает с фазой бутонизации и продолжается до начала цветения, не достигают нормальной высоты (Sizov, 1959). Наши исследования показали, что причиной таких разночтений является индивидуальная реакция генотипов на короткий день (Domantovich., 2012, Domantovich et al., 2012). В условиях искусственно созданного короткого дня было установлено, что, несмотря на преимущественное увеличение общей и технической высоты растений льна на коротком дне по сравнению с длинным, некоторые слабо и сильно фоточувствительные линии не изменяют высоты или становятся короче. В то же время для успешного ведения селекции необходимо проведение сравнения влияния на рост и

развитие льна не только искусственных, но и естественных условий короткого дня.

Материал и методы

Материалом для работы послужили 35 линий генетической коллекции льна ВИР, различавшиеся по широтному происхождению, типу льна и фотопериодической чувствительности – ФПЧ (табл. 1). Их высевали в зонах традиционного выращивания льна-долгунца в Ленинградской области (60°с. ш.) в 2008–2010 гг. и межеумков в Самарской области (53°с. ш.) в 2010 и 2011 гг. (различие по длине дня около 3 часов). В 2008–2010 гг. линии выращивали в сосудах на специальной фотопериодической площадке в Пушкинском филиале ВИР (г. Пушкин, Ленинградская область).

Методика определения фотопериодической чувствительности. Опыты по методике, разработанной В. А. Кошкиным (Koshkin et al., 1994) в отделе физиологии ВИР, закладывали в конце мая, когда продолжительность дня составляла 17 часов на специальной фотопериодической площадке в пятилитровых вегетационных сосудах с дерново-подзолистой почвой на перемещаемых вагонетках. Высевали по 10 семян каждого образца в двух вариантах, каждый по две повторности. Опытные растения сразу после прорастания и до зацветания переводили на короткий день (12 часов), который создавали закатыванием вагонеток в светонепроницаемый павильон. Контрольные растения на это время закатывали в стеклянный павильон. Таким образом, они оставались на естественном освещении (17,5–19,0 часов), а влияние других факторов среды выравнивалось. Внесение удобрений и полив проводили в оптимальном для льна режиме. У каждого растения отмечали даты всходов и раскрытия первого цветка для вычисления длительности периода от всходов до цветения. Для каждого образца рассчитывали его среднюю продолжительность на длинном (T_1) и коротком (T_2) дне.

Фотопериодическую чувствительность (ФПЧ) устанавливали по задержке цветения на коротком дне по сравнению с контролем (T_2–T_1). Коэффициент фотопериодической чувствительности ($К_{ФПЧ}$) определяли по формуле $К_{ФПЧ}=T_2/T_1$ (Koshkin et al., 1994), где T_1 и T_2 – продолжительность периода всходы-цветение (дни) у растений, выращенных соответственно в условиях длинного естественного (дд) и короткого 12-часового дня (кд).

Изученные линии генетической коллекции льна ВИР

№	Номер каталога генколлекции	Средний Кфпч*	Тип льна**	Родословная	Название и происхождение исходного образца
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	гк-2	1,15	Д	л-1 из к-48	Селекции Альтгаузена, Россия
2	гк-15	1,14		л-1 из к-512	Местный, Северодвинск, Россия
3	гк-17	1,19		л-2-2 из к-512	Местный, Северодвинск, Россия
4	гк-22	1,14		л-3-2 из к-562	Псковский кряж, Череповецкая губ., Россия
5	гк-54	1,30		л-5 из к-1507	Местный, Вятская губ., Россия
6	гк-65	1,21		л-3 из к-3178	Местный, Тверская губ., Россия
7	гк-67	1,12	М	л-2 из к-4035	Канада
8	гк-79	1,15	Д	л-1-2 из к-5408	Печерский кряж, Россия
9	гк-100	1,21		л-1-2-1-2 из к-5821	Венгрия
10	гк-103	1,10	М	л-4 из к-5896	Lin 225, Нидерланды
11	гк-109	1,39	Д	л-3-2 из к-6099	Makovi M. A. G., Аргентина
12	гк-119	1,27	К	л-2-3 из к-6210	Индия
13	гк-136	1,12	М	л-1 из к-6634	Чехия
14	гк-141	1,17	Д	л-1 из к-6815	к-6, Россия
15	гк-143	1,14		л-1 из к-6917	с (47-4) 80, Versailles, Франция
16	гк-157	1,30		л-4-1 из к-7213, Natasja, (к-7708)	Нидерланды

окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
17	гк-158	1,08		л-1 из к-7413	Россия
18	гк-159	1,16	М	л-1-1 из к-7659	Bionda, Германия
19	гк-160	1,21		л-2-1 из к-7659	Bionda, Германия
20	гк-176	1,17	Д	л-1 из (л-1 из к-6815 × л-4 из к-5896)	Россия, ВИР
21	гк-185	1,21	М	л-1 из к-2601	Португалия
22	гк-186	1,55	К	л-1 из к-3002	Pusa Bihar, Индия
23	гк-187	1,09		л-2 из к-3002	Индия
24	гк-188	1,43		л-3 из к-3002	Индия
25	гк-190	1,10	Д	л-1 из к-4027	Нидерланды
26	гк-201	1,22	М	л-1 из к-7022	Пакистан
27	гк-202	1,33	К	л-2 из к-7022	Пакистан
28	гк-209	1,02	М	л-2 из и-562348	Португалия
29	гк-269	1,13	Д	л-7 из к-7472	Призыв 81, Белоруссия
30	гк-285	1,17	К	л-1 из к-3263	Индия
31	гк-344	1,23	Д	л-2 (л-3-2 из к-6099 × л-1 из к-6634	Россия, ВИР
32	гк-345	1,23		л-1 (л-3-2 из к-6099 × л-1 из к-6815)	Россия, ВИР
33	гк-370	1,18		л-3 (л-3-2 из к-6099 × л-3 из к-3178)	Россия, ВИР
34	гк-375	1,23		л-1 из к-6363	Египет
35		1,22	М	л-1 из к-5538	Югославия

*$К_{ФПЧ}$ – коэффициент фотопериодической чувствительности
**Д – лен-долгунец; М – лен-межеумок; К – лен-кудряш.

Линии с $К_{ФПЧ}$ 1,00–1,15 относили к слабочувствительным, а линии с более высоким $К_{ФПЧ}$ – считали чувствительными. В качестве стандарта слабой ФПЧ использовали слабо чувствительную к фотопериоду линию гк-209 из Португалии.

У каждого растения, выращенного в вегетационных сосудах, индивидуально оценивали продолжительность периодов всходы-цветение и цветение-созревание, а также общую высоту растений.

Методика полевого опыта. Полевое изучение образцов проводили на полях Пушкинского филиала ВИР (Ленинградская обл.) и Поволжского НИИ селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова (Самарская область) по стандартной методике ВИР (Metodicheskie ukazaniya, 1988). Образцы выращивали на делянках площадью 1 м^2 с междурядьями 8 см, глубина заделки семян 1–2 см. В целом для делянок отмечали даты всходов, полного цветения, ранней желтой спелости. Перед уборкой опыта, проводившегося в Ленинградской области, из центра делянки отбирали подряд по 20 растений для измерения высоты растений.

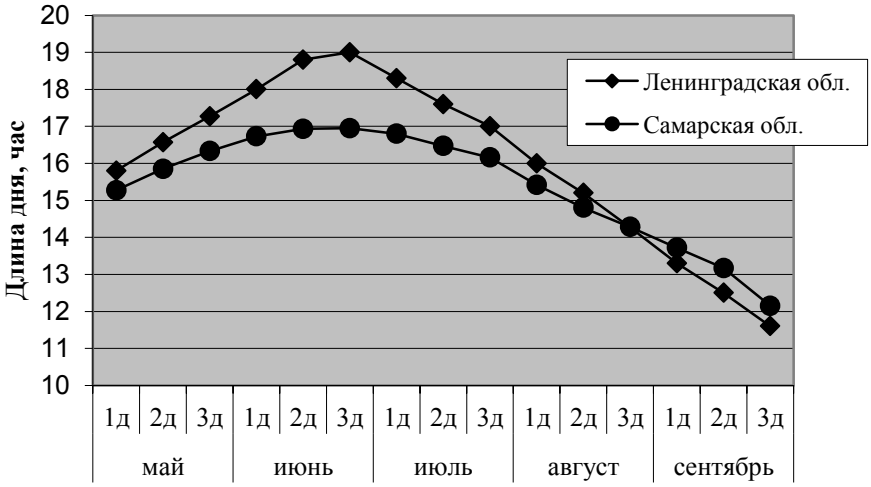


Рис. 1. Продолжительность естественного дня в Ленинградской и Самарской областях

Наблюдение за погодными условиями проводили на метеорологических станциях ВИР в городе Пушкине (Ленинградская область) и Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Самарская обл.). Пушкинский филиал ВИР расположен в черте города Санкт-Петербурга. Почвы дерново-подзолистые, легкосуглинистые, средней окультуренности с пахотным горизонтом 20–25 см, содержание гумуса 3–4%. Реакция по всему почвенному профилю слабокислая, pH 5,5–6,0 (Dimo, 1976; Pestryakov,

1973). Эта зона оптимально подходит для выращивания льна-долгунца. Поля находятся на 59°44′ с. ш., где летом продолжительность дня не превышает 19 часов (рис. 1).

Годы проведения исследований в районе г. Пушкина (2008–2010 гг.) значительно не различались по температурному режиму и характеризовались не достаточным влагообеспечением (рис. 2, 3.).

В 2008 г. средняя температура воздуха в период с мая по сентябрь включительно была выше среднемноголетней на 0,7–3,6°С. Только во второй декаде мая, первой декаде августа и во второй декаде сентября было зафиксировано снижение этого показателя относительно среднемноголетней температуры на 0,6–2,2°С.

Лето (май – август) 2008 г. можно охарактеризовать как засушливое, так как количество выпавших осадков было меньше средней многолетней нормы. Начало мая, совпадающее с посевом льна и прорастанием, было засушливым (0,0–2,0 мм осадков). Из-за этого всходы в поле появились неравномерно, а период посев-всходы затянулся. Только во второй и третьей декаде августа, совпадающей с уборкой посевов льна, количество выпавших осадков было выше средней многолетней на 0,1 и 9,1 мм соответственно, что привело к заплыванию почвы и затруднило уборку. В целом лето 2008 г. можно охарактеризовать как благоприятное для возделывания льна.

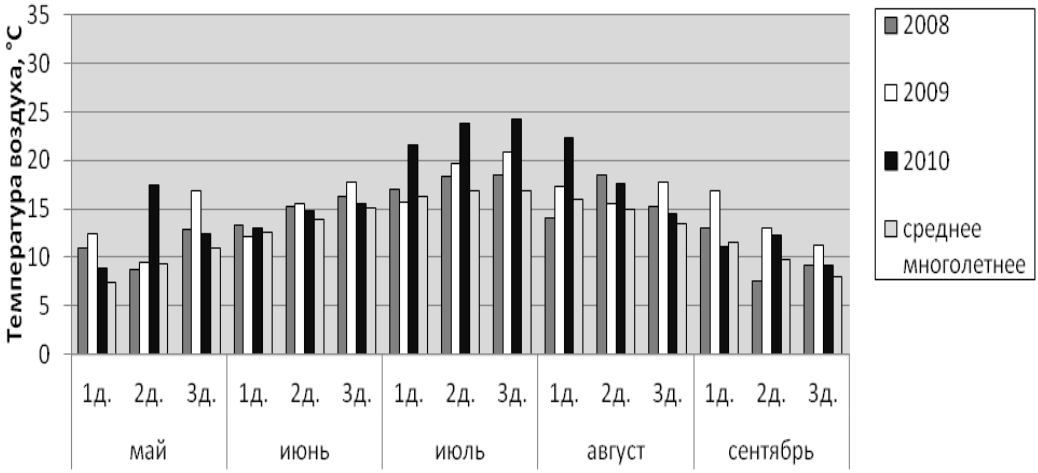


Рис. 2. Температура воздуха в Ленинградской области (в 2008–2010 гг.)

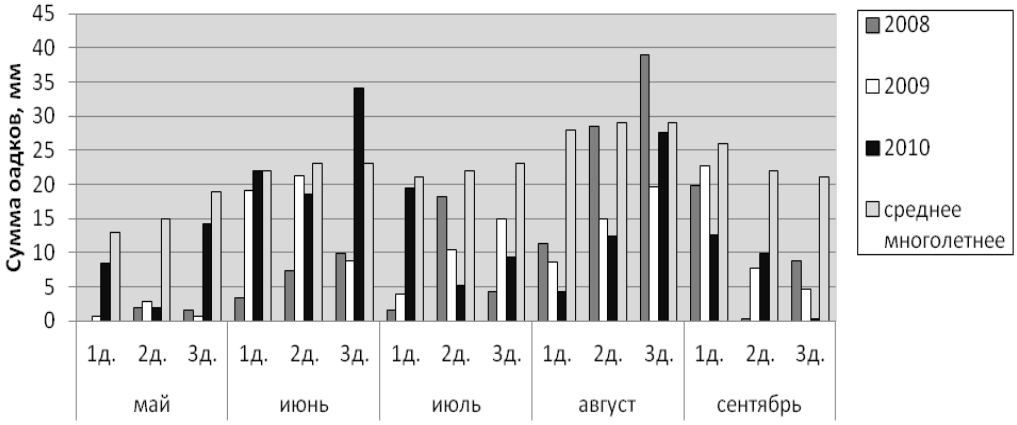


Рис. 3. Осадки в Ленинградской области (в 2008–2010 гг.)

В 2009 г. средняя температура воздуха была выше на 0,1–4,1°С, а осадков выпало меньше на 1,9–18,4 мм, чем средние многолетние по данным показателям. Начало мая было засушливое, что затруднило появление всходов. Только в начале июля в период цветения и начала созревания растений льна увлажнение было оптимальным, а температура повышенной, что ускорило созревание растений.

Начало мая 2010 г. было засушливым и относительно прохладным, только в третьей декаде было зафиксировано достаточное увлажнение, что также сказалось на равномерности появления всходов. Максимальное количество осадков выпало только в третьей декаде июня. В целом средняя температура воздуха была ниже средней многолетней, только в первой декаде августа отмечено ее повышение, что способствовало ранней уборке урожая.

Поволжский НИИ селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова (Самарская область) расположен на 53°16' северной широты и 50°36' восточной долготы и на высоте 58–120 м над у. м., в лесостепной полосе левобережья Средней Волги в Самарской области. Рельеф пологоволнистый от степного равнинного до рассеченно-всхолмленного. Почва на опытных полях однородная и представлена типичным, среднегумусным (7,5–8,5%), среднемощным, тяжелосуглинистым черноземом. Продолжительность дня летом не превышает 17 часов (рис. 1).

Годы проведения исследований в Поволжье (2010–2011) также

значительно не различались по температурному режиму и характеризовались недостаточным влагообеспечением (рис. 4, 5).

В 2010 г. средняя температура воздуха в период с мая по август была значительно выше средней многолетней на 2,1–9,7°С. Минимальное различие по температурам было отмечено в третьей декаде мая, а максимальное – в первую декаду августа.

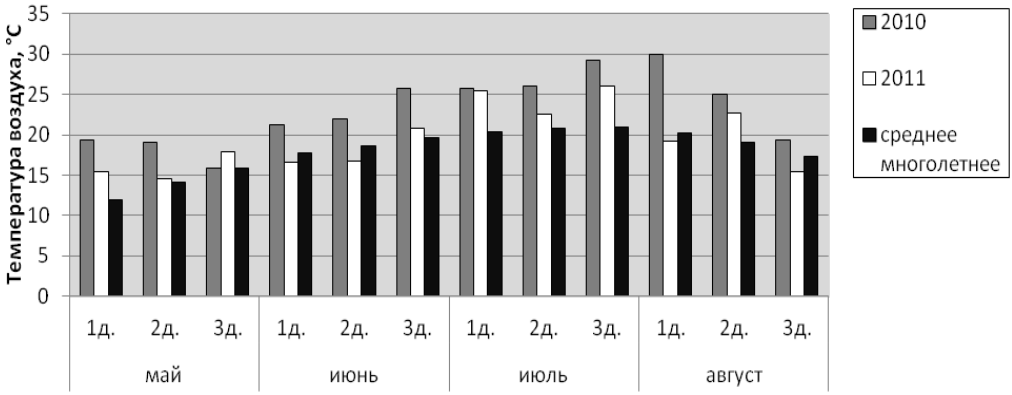


Рис. 4. Температура воздуха в Самарской области (2010–2011 гг.)

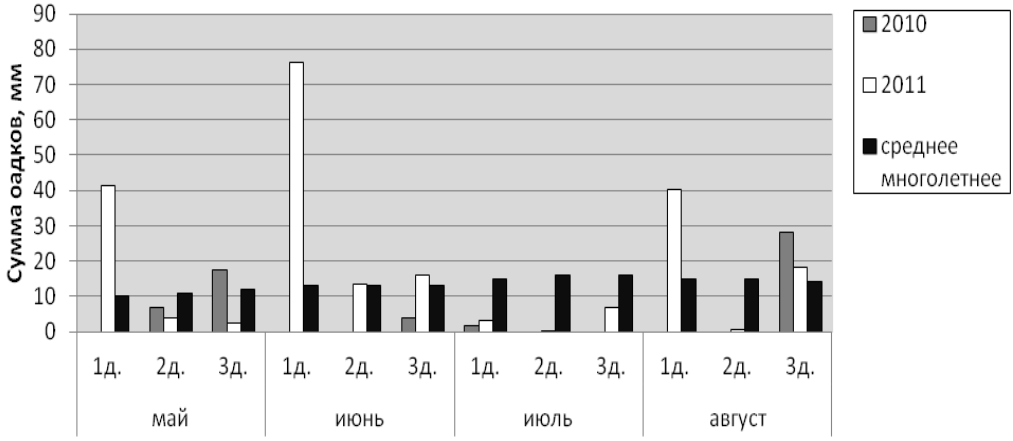


Рис. 5. Осадки в Самарской области (2010–2011 гг.)

Лето 2010 г. можно охарактеризовать как засушливое, так как количество выпавших осадков было значительно ниже, чем среднее

многолетнее. Начало мая (первая декада) характеризовалось отсутствием осадков. Они выпали только во второй половине мая, что положительно сказалось на всходах льна. Также отсутствием осадков характеризовались первая–вторая декада июня, совпадающая с фазой цветения растений, вторая–третья декада июля и первая–вторая декада августа, совпадающие с процессом созревания. Таким образом, процессы цветения и созревания растений в 2010 г. проходили при высоких температурах и при отсутствии осадков, что привело к быстрому созреванию льна и сокращению продолжительности всего вегетационного периода.

Лето 2011 г. было значительно прохладней, чем лето 2010 г. Средняя температура воздуха на 0,4–5,2°С была выше средней многолетней, а иногда даже и ниже на 1,1–1,9°С. Количество выпавших осадков в 2011 г. можно охарактеризовать как умеренное. Максимальное количество отмечено в первых декадах мая (41,3 мм), июня (76,4 мм) и августа (40,2 мм). Дождливая погода в начале июля, совпадающая с фазой цветения растений льна, сказалась на увеличении продолжительности периода всходы-цветение, а из-за обилия осадков в августе возникли проблемы при проведении уборки урожая.

Результаты и обсуждение

В Самарской области у всех изученных линий цветение наступало раньше, чем во всех вариантах опыта в Ленинградской области. Различия продолжительности периодов всходы-цветение, наблюдаемой в Самарской области и в условиях искусственно созданного на фотопериодической площадке короткого дня, составляли 10–40 дней. Минимальное значение отмечено у линии стандарта – слабо чувствительной линии гк-209 (10 дней) (рис. 6).

Видимо, в данном случае основное влияние на развитие растений оказали высокие температуры мая и июня более южной точки посева. В то же время, большинство линий в более прохладном 2011 г. зацвели быстрее, чем в 2010 г. Исключение составили слабочувствительная линия гк-2, несколько сильно чувствительных линий гк-65, гк-79 и гк-109, которые зацвели раньше в 2011 г., и две слабочувствительные линии гк-15 и гк-22, имевшие равные периоды всходы-цветение в оба года. Интересно отметить еще два исключения из общего правила, проявившиеся на поле Пушкинского филиала ВИР: сильночувствительная линия гк-186 и слабо чувствительная гк-209. Они зацвели быстрее в 2009 г. по сравнению с более жарким 2010 г. (рис. 6).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что особую роль в интенсивности развития растений играет взаимодействие генотипа с комплексом конкретных условий выращивания.

Продолжительность периода цветение-созревание в естественных условиях Самарской области у большинства линий была короче, чем в полевых условиях Ленинградской области. В наиболее жарком 2010 г. скорость созревания у всех линий была наименьшей и все они на юге созрели раньше, чем на севере. А в 2011 г. некоторые линии в Поволжье созревали дольше, чем на севере в 2010 г. (слабочувствительные линии: гк-136, гк-158, гк-190, гк-269, и сильночувствительные: гк-54, гк-100, гк-186, гк-188, гк-202 и гк-285) и в 2009–2010 гг. (сильночувствительные: гк-17, гк-119, гк-160). По сравнению с опытными условиями естественного дня в Самарской области все линии в 2010 г. созрели быстрее, а в 2011 г. большинство созрело позже, чем на фотопериодической площадке в вегетационных сосудах в жарком 2010 г.

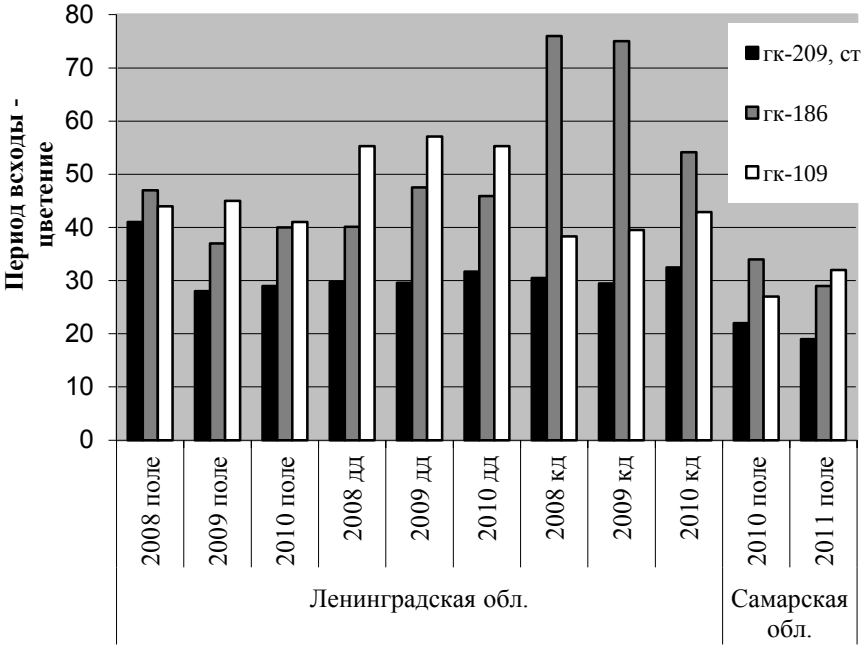


Рис. 6. Продолжительность периода всходы-цветение у некоторых линий льна в условиях длинного, короткого дня, в условиях поля в Ленинградской области и в условиях естественного дня в Самарской области (2008–2011 гг.)

Исключения из последнего правила составили сильночувствительные линии гк-65, гк-79 и гк-109. Из этого можно сделать вывод о том, что при небольших различиях длины дня основное влияние на продолжительность созревания оказывает температура воздуха, а генотипы различаются по степени ее влияния на скорость формирования семян (рис. 7).

Во всех вариантах опыта в Ленинградской области почти все линии превышали по общей высоте растения, выращенные в Самарской области. Исключение составили несколько сильночувствительных линий гк-186, гк-202, гк-285, гк-188 и две слабочувствительные гк-136 и гк-158, которые в 2011 г. в Поволжье были более высокорослыми, чем на севере в жарком 2010 г. Кроме того, сильно чувствительные линии гк-202 и гк-285 превзошли по высоте показатели, полученные в вегетационных сосудах на длинном дне. Причиной этого, видимо, являются пониженные температуры и более обильные осадки 2011 г. На это указывает и тот факт, что все линии, кроме двух слабо чувствительных гк-2 и гк-187, в Самарской области в 2011 г. были выше, чем в 2010 г. (рис. 8).

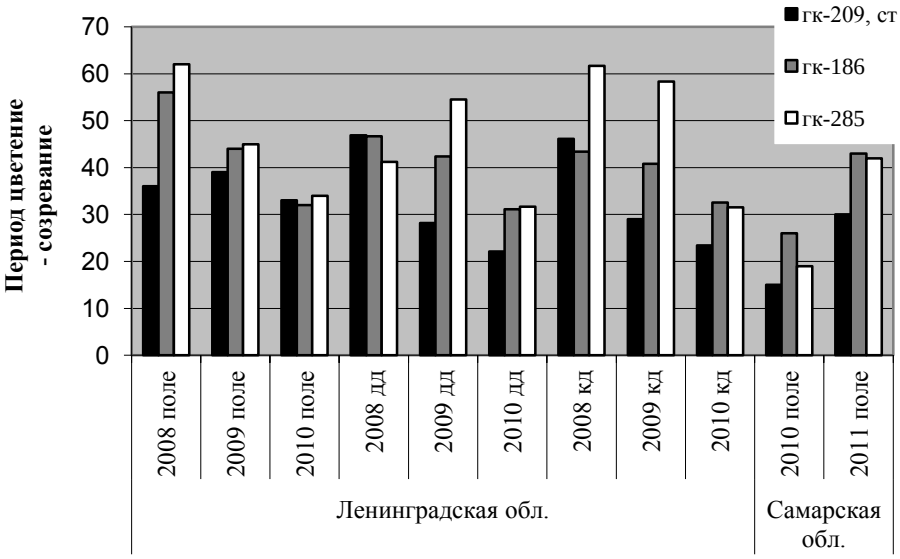


Рис. 7. Продолжительность периода цветение-созревание у некоторых линий льна в условиях длинного, короткого дня, в условиях поля в Ленинградской области и в условиях естественного дня в Самарской области (2008–2011 гг.)

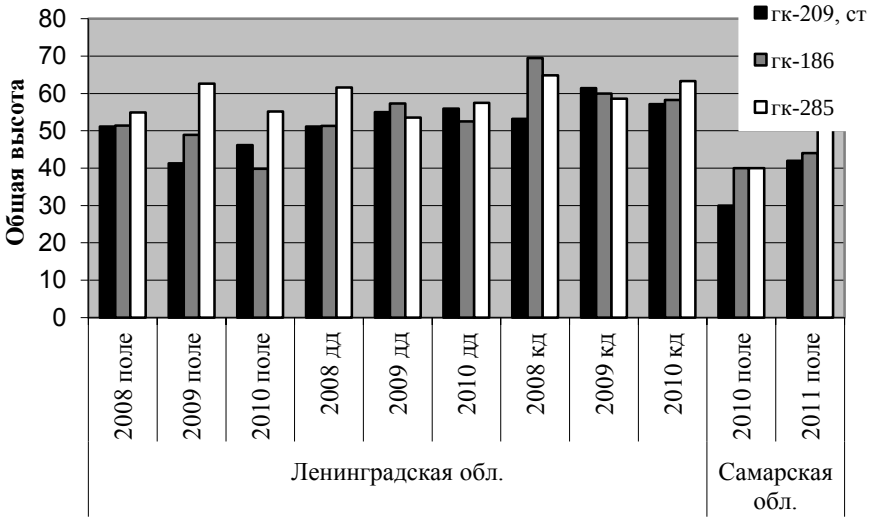


Рис. 8. Высота растений у некоторых линий льна в условиях длинного, короткого дня, в условиях поля в Ленинградской области и в условиях естественного дня в Самарской области (2008–2011 гг.)

Заключение

Таким образом, при небольших различиях длины дня основное влияние на продолжительность фаз вегетационного периода оказывает температура воздуха. Ее повышение ускоряет развитие растений. На высоту растений в аналогичных условиях кроме температуры влияет и интенсивность осадков. Формированию высокорослых растений способствуют умеренные температуры и достаточное увлажнение. Кроме того, полученные данные свидетельствуют о том, что генотипы могут реагировать на изменение условий различным образом. Поэтому проведение географического изучения широкого разнообразия исходного материала позволит эффективнее отбирать перспективные генотипы и оптимизировать ведение селекции как на продвижение масличного льна в северные регионы, так и на создание новых сортов двустороннего использования для южных областей.

Литература/Referencess

Afonin M. I. The impact of photoperiod and air temperature on growth, development and yield of fiber flax in ontogeny // Sbornik nauchnyh trudov. Zemledelie i rastenievodstvo v BSSR. Minsk, 1969. Vol. 13. P. 196–201. (in Russian)

Bel'denkova A. F. The influence of light stage passing conditions on morphological variability and some physiological parameters of plants // Trudy botanicheskogo instituta V. L. Komarova AN SSSR. Eksperimental'naya botanika. M.–L., 1960. Iss. 14. Ser. 4. P. 188–208. (in Russian)

Brutch N., Koshkin V., Matvienko I. et. al. Influence of low temperatures and short photoperiod on the time of flowering in flax // Fiber foundations – transportation, clothing and shelter in the bioeconomy: Proceedings of the 2008 international conference on flax and other bast plants. 21-23 July 2008. Saskatoon Saskatchewan. Canada. P. 81–91.

Davidyan G. G. Geographical variability of flax and hemp // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii. L., 1975. Vol. 55. Iss. 1. P. 81–94. (in Russian)

Dimo V. N. Natural conditions and specificity of agricultural lands use // V kn.: Agrofizicheskaya harakteristika pochv Nechernozemnoi zony evropeiskoi chasti SSSR. M., 1976. 100 p. (in Russian)

Domantovich A. V. Influence of photoperiod on agronomic characters of flax (*Linum usitatissimum* L.) // Avtoref. diss. … k.b.n. SPb., 2012. 14 pp. (in Russian)

Domantovich A. V., Koshkin V. A., Bruch N. B., Matvienko I. I. Investigation of photoperiod sensitivity of *Linum usitatissimum* L. lines and effect of short-day conditions on their economically valuable traits // Russian Agricultural Sciences. 2012. Vol. 38. N. 3. P. 173–177. DOI: 10.3103/S1068367412030056

Koshkin V. A., Koshkina A. A., Matvienko I. I., Pryadehina A. K. Use of parental forms of spring wheat with low photosensitivity for creation of early productive lines // Doklady RASKhN. 1994. N 2. P. 8–10. (in Russian)

Kutuzova S.R., Pit'ko A.G. The study of flax collection *(Linum usitatissimum L.).* Metodicheskie ukazaniya. L., 1988. 29 pp. (in Russian)

Pestryakov V. K. Soils of the Leningrad region. L., 1973. P. 6–16. (in Russian)

Sizov I. A. Flax. M.: Sel'hozgiz, 1955. P. 45–50. (in Russian)

Sizov I. A. The variability of flax and hemp plants under the influence of external environmental factors // Trudy konferencii posvyashennoi 40 let Velikoi Oktyabr'skoi socialisticheskoi revolyucii (8-14 oktyabrya 1957). Nasledstvennost' i izmenchivost' rastenii, zhivotnyh i mikroorganizmov. M., 1959. Vol. 2. P. 198–206. (in Russian)

Sizova M. A. The dynamics of bast fibre bundles formation in the stems of different flax varieties, depending on growing conditions // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii. L., 1952. Vol. 29. Iss. 2. P. 52–62. (in Russian)

FAOSTAT. URL: http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor (Дата обращения: 2014)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ
IDENTIFICATION OF CULTIVATED PLANT GENETIC DIVERSITY AND CROP WILD RELATIVES FOR SOLVING FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS

УДК 577.152.193: 632.938 DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-225-236

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА, КОДИРУЮЩЕГО АНИОННУЮ ПЕРОКСИДАЗУ ПШЕНИЦЫ

И. В. Максимов, Г. Ф. Бурханова, О. И. Кузьмина, В. А. Вахитов
Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН,
Уфа, Россия, e-mail: maksimov@ufaras.ru

Реферат

Актуальность. В геномах растений пероксидазы представлены десятками изоформ и, соответственно, десятками генов. Физиологические функции пероксидаз хорошо известны. Однако взаимодействие путей реализации генетической составляющей и структуры белковой части ее молекулы и последующее проявление чувствительности к воздействию стрессовых факторов растениями пока остаются слабо изученными. **Материалы и методы.** Проводили анализ гомологичности структуры фрагмента гена TC151917 (код доступа AK333699.1) пероксидазы *Triticum aestivum* L. у разных видов пшениц. **Результаты и выводы.** Выявлена максимальная гомология данного участка гена анионной пероксидазы *T. aestivum* с таковым у T. compactum Host (97,1%) и минимальная с T. timopheevii (Zhuk.) Zhuk. (94,1%). Сравнительный анализ просеквенированного фрагмента гена пероксидазы пшеницы TC151917 с данными международного генбанка других видов семейства Poaceae Barnhart показал наибольшую ее гомологию с пероксидазами ячменя Hordeum vulgare L. (AK249487.1 – 93% и AK249784.1 – 90%), риса *Oryza sativa* L. (D84400 – 82%, BN000655 – 82% и B14481 – 80%), сорго *Sorghum bicolor* (L.) Moench (XM_002447101.1 – 80%) и кукурузы *Zea mays* L. (NM_001147217.1 – 79% и EU974071.1 – 78%). Таким образом, подобные пероксидазы у родственных видов растений можно выделить в отдельный кластер полисахарид-специфичных изопероксидаз.

Ключевые слова: виды пшениц и эгилопс, ген пероксидазы, полиморфизм.

ANIONIC PEROXIDASE GENE POLYMORPHISM IN WHEAT

I. V. Maksimov, G. F. Burkhanova, O. I. Kuzmina, V. A. Vakhitov
Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, e-mail: maksimov@ufaras.ru

Abstract

Background: A great number of peroxidase genes are present in higher plants. Plants contain multiple isoforms of peroxidases, which respond to stresses in different or similar manner. Peroxidase enzymes and their encoding are important for plant defense against various biotic stresses including pathogen infection. Little is known about their organization and evolution in plants. **Materials and methods:** Identification, sequencing and phylogenetic comparison of gene fragment TC151917 (A333699.1) were performed in different wheat species. **Results:** The results postulated a close genetic proximity of the peroxidase gene AK333699 among *Triticum* L. species. Phylogenetic comparison showed high homology of anionic peroxidase genes of *Triticum aestivum* L. and *T. compactum* Host (97,1%), but the lowest with *T timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. (94,1%). Sequenced anionic peroxidase gene TC151917 of *T. aestivum* has the most homology with peroxidase of *Hordeum vulgare* L. (AK249487.1 – 93% and AK249784.1 – 90%), *Oryza sativa* L. (D84400 – 82%, BN000655 – 82% and V14481 – 80%), *Sorghum bicolor* (L.) Moench (XM_002447101.1 – 80%) and *Zea mays* L. (NM_001147217.1 – 79% and EU974071.1 – 78%). Thus, the described above peroxidase in related plant species can be identified as a particular cluster of polysaccharide-specific isoperoxidases.

Key words: wheat, *Triticum* and *Aegilops* species, gene of peroxidase.

Введение

Гены, кодирующие класс III пероксидаз, присутствуют у всех наземных растений. Многие исследователи предполагают, что их эволюционное формирование связано с адаптацией растений к наземной жизни в присутствии кислорода (Kawano et al., 2003; Passardi et al., 2005). В геномах растений пероксидазы кодируются десятками генов (Liu et al., 2005). Так, в секвенированных геномах арабидопсис и риса обнаружено соответственно 73 и 138 генов пероксидаз (Passardi et al., 2004; Liu et al., 2005). Судя по представленной в международных генетических банках информации о структуре генов, кодирующих пероксидазы класса III, можно отметить, что она характеризуется значительной гетерогенностью (Hiraga et al., 2001; Passardi et al., 2007). Причем относительно высокой

гомологией могут обладать пероксидазы из эволюционно отдаленных видов растений (Bacalovic et al., 2006).

На фоне активного изучения физиологических функций пероксидазы роль структуры белковой части ее молекулы, тесно связанной с генетической составляющей, и последующее проявление растениями устойчивости к патогенам пока остается слабо изученной (Almagro et al., 2009; Penel et al., 2009). Также остается ограниченной информация об их полиморфизме, экспрессионной чувствительности к воздействию стрессовых факторов и физиологических функциях отдельных изоферментов. Например, нами показано, что из множества пероксидаз мягкой пшеницы только анионные изоформы с изоэлектрической точкой 3.5 способны к ионообменной сорбции на хитин, компонент клеточных стенок патогенных грибов (Maksimov et al., 2005). Цель данной работы – сравнительный анализ полиморфизма фрагмента гена пероксидазы TC151917 пшеницы, предположительно кодирующего анионную хитин-специфичную изопероксидазу, а также гомологичных пероксидаз других видов растений.

Материалы и методы

Работа проводилась с использованием ДНК разных видов растений из полиплоидного ряда пшениц (род *Triticum* L.) и эгилопс (род *Aegilops* L.). Семена из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР, г. Санкт-Петербург) были любезно предоставлены д. б. н. О. П. Митрофановой и к. б. н. Н. Н. Чикидой. В работе были использованы следующие виды трибы *Triticeae* Trin. ex Griseb.: *T. compactum* Host (к-30052), *T. durum* Desf. (к-21539), *T.* ×*fungicidum* Zhuk. (к-43065), *T. macha* Dekapr. et Menabde (к-28198), *T. monococcum* L. (к-46753), *T. petropavlovskyi* Udacz. et Migusch. (к-51764), *T. spelta* L. (к-20382), *T. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. (к-29539), *T. urartu* Thum. ex Gandiljan (к-58496), *T. boeoticum* Boiss. (к-59168), *Aegilops sharonensis* Eig (к-652), *Ae. tauschii* Coss. (к-285).

Выделение общей РНК проводили с использованием тризола, согласно протоколу фирмы-поставщика («Molecular Research Center, Inc.», США), из проростков, корней или листьев растений, зафиксированных в жидком азоте. Реакцию обратной транскрипции (ОТ-ПЦР) проводили в 20 мкл общего объема смеси, содержащей 10 мкг общей РНК, 1 мкл M-MLV обратной транскриптазы («Fermentas», Литва), 9 мкл 1× буфера M-MLV («Fermentas», Литва) для обратной

транскрипции, 32 мМ $MgCl_2$, 1 мкл олигонуклеотидных праймеров, по 5 мкл 1.25 мМ dNTP. Отжиг праймеров на матрице РНК проводили в течение 5 мин при 65°С, а построение кДНК по матрице РНК в течение 1 ч при 37°С. Полученную кДНК использовали в реакции амплификации. ПЦР проводили в амплификаторе типа ТП4-ПЦР-01-Терцик («ДНК-Технология», Россия) с использованием праймеров, специфичных к фрагменту гена, кодирующему полисахарид-связывающую пероксидазу TC151917 (http://peroxidase.isb-ib.ch), которая идентична нуклеотидной последовательности к ДНК пероксидазы *T. aestivum* (номер доступа в генбанке AK333699.1). После амплификации фрагменты ДНК фракционировали методом электрофореза в 1–2% агарозном геле или 7% ПААГ в электрофоретической камере S2 («Хеликон», Россия). В качестве маркеров использовали маркеры MassRuler DNA Ladder, Low Range («Fermentas», Литва).

ПЦР-продукты фрагмента гена пероксидазы были выделены из геля при помощи набора для очистки ДНК (ООО «Цитокин», Санкт-Петербург) и секвенированы с использованием автоматического секвенатора ДНК модели *ABI PRISM 310* фирмы «*Applied Biosystems»* (США) наборами для секвенирования *«Big Dye Terminator v.3.0»*, следуя протоколу и рекомендациям изготовителя. Полученные нуклеотидные последовательности фрагментов генов пероксидаз из разных видов трибы *Triticeae* депонированы в ГенБанк: *T. compactum* Prx (HQ317990.1), *T. durum* Prx (HQ317988.1), *T. fungicidum* Prx (HQ317989.1), *T. macha* Prx (HQ317994.1), *T. monococcum* Prx (HQ317991.1), *T. petropavlovskyi* Prx (HQ317997.1), *T. spelta* Prx (HQ317993.1), *T. timopheevii* Prx (HQ317992.1), *T. urartu* Prx (HQ317996.1), *Ae. sharonensis* Prx (HQ317998.1), *Ae. tauschii* Prx (HQ317999.1). Поиск гомологичных нуклеотидных последовательностей генов осуществляли с помощью программы BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) в базе данных Gene Bank Национального центра биотехнологической информации США (htpp://www.ncbi. nlm. nih.gov). Компьютерный анализ предполагаемых нуклеотидных и аминокислотных последовательностей фрагмента гена пероксидазы осуществляли с помощью программы DNASIS, а также пакета программ Lasergene 5.5 фирмы «DNASTAR, Inc»”. Выравнивание нуклеотидных последовательностей проводили, используя алгоритм ClustalW (Passardi et al., 2007). Для построения «филогенетических деревьев» использовали метод «объединения соседей» Neighbor-Joining (NJ).

Результаты и обсуждение

Пероксидаза как фермент, крайне необходимый для нормального функционирования растительной клетки, конститутивно синтезируется в растении и представлен множественностью изоформ. Пероксидазы, контролируя уровень АФК, способствуют развитию ранних реакций сигнализации процессов гибели клеток как на абиотический, так и биотический стресс, определяя, таким образом, формирование адаптивного потенциала растений.

Известно, что олигомеры хитина, являясь высокоэффективными элиситорами защитных реакций, повышают активность некоторых изопероксидаз (Blee et al., 2003; Cosio et al., 2009), которые, как показано, являются одними из ключевых защитных белков, формирующих вокруг инфекционной структуры патогенов полимерный слой лигнина. Предполагается, что такой эффект связан со способностью некоторых изопероксидаз взаимодействовать с хитином клеточных стенок грибных патогенов (Maksimov et al., 2005). Исследователями из Женевского университета (Швейцария) с использованием молекулярных методов была определена трехмерная структура фермента пероксидазы с электростатически активными сайтами и последовательность аминокислотных остатков, которая обуславливает взаимодействие пероксидаз с полисахаридами (Carpin et al., 2001). Вероятно, эти изопероксидазы, благодаря способности взаимодействовать с полисахаридами (Dunand et al., 2002; Schweikert et al., 2002), обеспечивают направленное отложение лигнина в зоне инфицирования и являются одним из важных ферментов, участвующих в защитных функциях растений против патогенов.

На основе сравнения предсказанных аминокислотных последовательностей фрагмента гена, анионной изопероксидазы *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *ATg08770*, определяющего взаимодействие ее с полисахаридами (Carpin et al., 2001) с известными последовательностями этих генов из других представителей трибы *Triticeae* был отобран участок гена T. aestivum L. TC151917 (http://peroxidase.isb-ib.ch), идентичный фрагменту кДНК пероксидазы *T. aestivum* (номер доступа в генбанке AK333699.1). К полисахарид-специфичному участку данного гена пероксидазы были подобраны праймеры.

Представители родов Triticum и Aegiolops были модельными растениями, которые мы использовали для определения вариабельности

фрагмента гена, кодирующего содержащий полисахарид-специфичный домен изопероксидазы.

Нами были секвенированы фрагменты генов, кодирующие полисахарид-специфичный домен пероксидаз, разных видов пшениц: T. aestivum, T. boeoticum, T. compactum, T. durum, T. fungicidum, T. macha, T. monococcum, T. petropavlovskyi, T. spelta, T. turgidum, T. urartu, T. timopheevii – и Ae. taushii. В нуклеотидной последовательности этих фрагментов обнаружена открытая рамка считывания, не нарушающаяся по всей длине фрагмента и не содержащая интронов (рис. 1). Выявлена максимальная гомология данного участка гена пероксидазы TC151917 мягкой пшеницы с таковым у T. compactum (97,1%) и минимальная – с участком T. timopheevii (94,1%). Сравнение предсказанных аминокислотных последовательностей секвенированных фрагментов пероксидаз разных видов пшеницы и эгилопс с последовательностью из генетического банка данных NCBI AK333699.1 не выявило заметных отличий, что говорит о его консервативной структуре для рода *Triticum* (рис. 2).

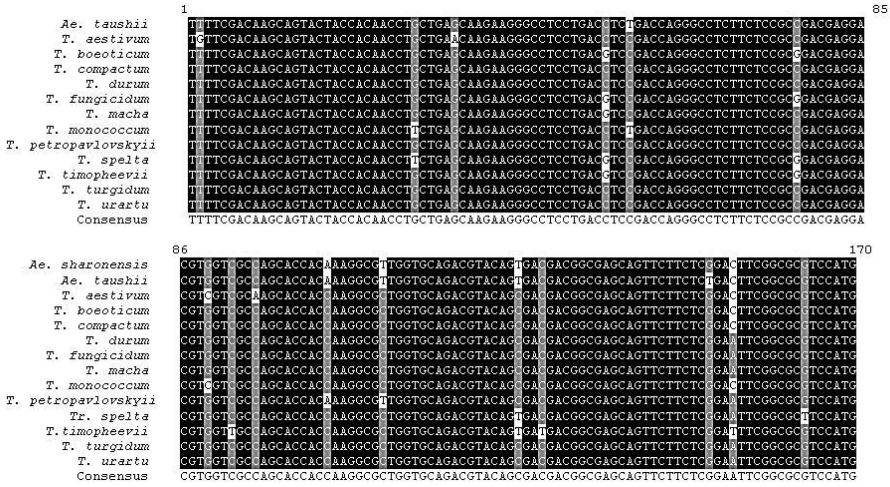


Рис. 1. Гомология нуклеотидных последовательностей пероксидаз у разных видов пшениц и эгилопс

Подсчет количества нуклеотидных замен в полисахарид-специфичном домене гена пероксидазы показал, что у всех изученных

видов пшениц и эгилопс происходила замена аспарагина (амидная группа) на серин (гидроксильная группа) (сайт 260) по сравнению с T. aestivum. Эта позиция находится в вариабельном участке белка, находящимся в непосредственной близости от потенциального полисахарид-связывающего сайта, поэтому выявленный полиморфизм может определять эффективность сорбции на полисахариды клеточной стенки патогена, такие как, например, хитин.

Второй сайт нуклеотидного полиморфизма (сайт 300) обуславливает диморфизм в сигнальном пептиде белка. У T. durum, T. fungicidum, T. macha, T. petropavlovskyi, T. spelta, T. turgidum, T. urartu происходит замена аспарагиновой кислоты на глутаминовую. Обе аминокислоты имеют карбоксильные группы и несут отрицательный заряд, поэтому этот полиморфизм функционально не значим. Таким образом, при сравнении с T. aestivum – по одной несинонимичной замене обнаружено у T. boeoticum, T. compactum, T. spelta, T. timopheevi, Ae. taushii, и по две – у T. durum, T. fungicidum, T. macha, T. monococcum, T. petropavlovskyi, T. turgidum, T. urartu.

Примечание: идентичные и полуконсервативные нуклеотидные последовательности обозначены черным и светло-серым цветами соответственно, нуклеотидные замены – белым фоном.

Рис. 2. Гомология предсказанных аминокислотных последовательностей в полисахарид-связывающей зоне пероксидазы у разных видов пшениц и эгилопс, в сравнении с соответствующим фрагментом гена пероксидазы *OsPrx126* риса

Известно, что в становлении полиплоидных видов пшениц участвовали три генома (B, G, D) рода эгилопс и лишь один геном (A) собственно пшеничный (Dorofeev et al., 1987). Сравнительный анализ предсказанных аминокислотных последовательностей секвенированных фрагментов генов пероксидаз показал связь между степенью гомологии полисахарид-специфичных доменов пероксидаз и уровнем эволюционного родства геномов изученных видов пшениц и эгилопс.

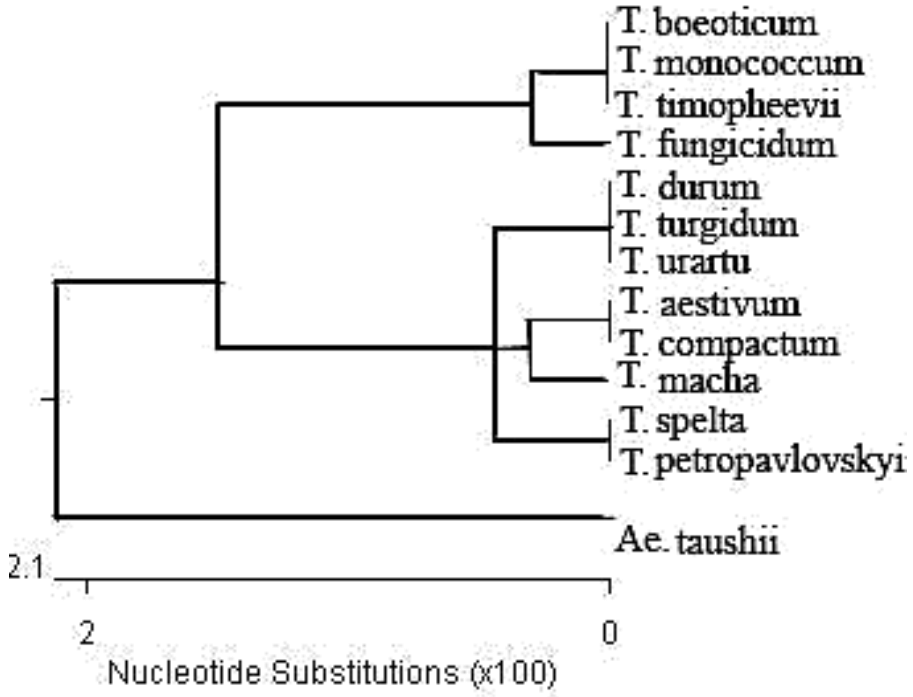


Рис. 3 Древо, построенное на основе анализа секвенированных нуклеотидных последовательностей пероксидаз видов рода Triticum, содержащих полисахарид-специфичный домен

Как видно из рисунка 3, компьютерная программа, анализирующая гомологичность генов и учитывающая синонимичные и несинонимичные нуклеотидные замены, выделила виды *T. compactum, T. durum, T. macha, T. spelta, T. turgidum, T. urartu и T. aestivum* (носители геномов A^u), относящиеся к подроду Triticum, в отдельный кластер. В то же время виды *T. boeoticum, T. monococcum, T. timopheevii*, относящиеся к видам

подрода Boeoticum и являющиеся носителями геномов A^b, оказались в другом. Нуклеотидная последовательность фрагмента гена пероксидазы эгилопса *Ae. taushii* – носителя генома D – находится на рисунке относительно обособленно. Таким образом, изученные фрагменты генов пероксидаз образовали филогенетически связанные группы, которые соответствуют ранее выдвинутым предположениям об эволюционных отношениях между видами пшениц и эгилопса (Dorofeev et al., 1987; Goncharov et al., 2008). Обособленность расположения гена *Ae. taushii,* по всей видимости, предполагает, что в реализации его экспрессии в растениях пшеницы наибольшую роль играют копии, гомологичные генам *T. urartu* и T. boeoticum.

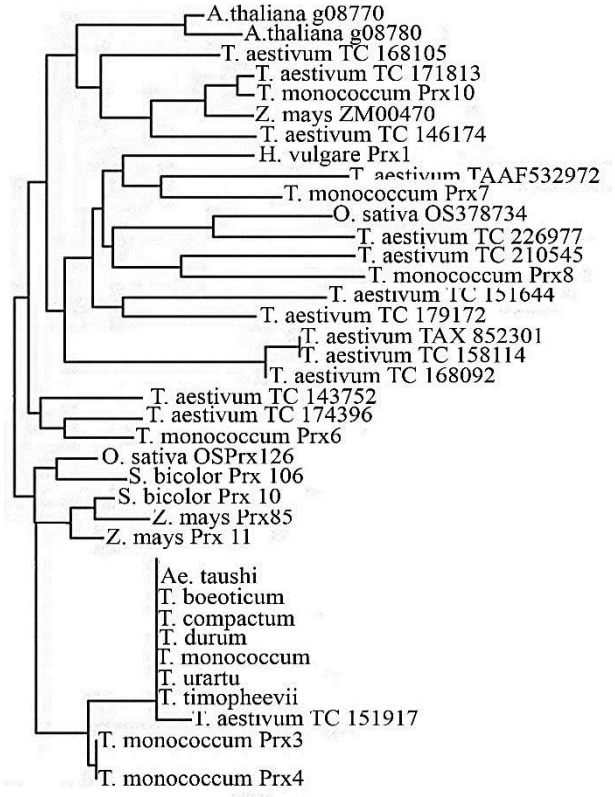


Рис. 4. Сравнение генов пероксидаз разных видов злаковых и арабидопсис с секвенированными последовательностями, кодирующими полисахарид-специфичный домен

Сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей фрагмента исследуемого гена пшеницы *TC151917* и генов изопероксидаз

арабидопсис, а также видов, относящихся к злаковым (рис. 4), отобранным для работы из базы данных NCBI, выявил, соответственно, наибольшую гомологию анализированных нами фрагментов генов пероксидаз с близкими по структуре генов пероксидаз ячменя Hordeum vulgare (AK249487.1 – 93% и AK249784.1 – 90%), риса *Oryza sativa* (D84400 – 82%, BN000655 – 82% и B14481 – 80%), сорго *Sorghum bicolor* (XM_002447101.1 – 80%), кукурузы *Zea mays* (NM_001147217.1 – 79% и EU974071.1 – 78%). Как видно, секвенированные нами фрагменты, гомологичные гену *TC151917* мягкой пшеницы *Triticum aestivum*, ряда видов злаковых выделились в отдельный кластер, представители которого, вероятно, также способны к взаимодействию с полисахаридами. Полученные нами данные позволяют говорить о наличии группы генов, кодирующих отдельный подкласс полисахарид-специфичных изоформ пероксидаз.

Заключение

Пероксидаза является одним из растительных ферментов, характеризующихся широкой функциональной активностью, в том числе и защитной (Passardi et al., 2005). Важное ее свойство – активное включение в защитные механизмы против патогенов (Pshenichnov et al., 2011). В данной работе показано, что за полисахарид-специфичность некоторых изопероксидаз пшеницы, которая способствует их взаимодействию с клетками патогенных грибов, несет ответственность домен, расположенный между 243 и 269 остатками аминокислот.

Анализ генетической близости секвенированных фрагментов разных видов пшениц обнаружил, что этот домен характеризуется сходной организацией внутри рода пшениц. При этом полученные после секвенирования ДНК данные по нуклеотидным заменам в искомой последовательности показали четкое разделение видов пшениц на два отдельных кластера, соответствующих их геномному распределению. Результаты этой работы согласуются с известными из литературных источников данными о делении рода *Triticum* на два подрода: *Boeoticum* и *Triticum.* Таким образом, секвенированные фрагменты, гомологичные гену TC151917 пероксидазы *T. aestivum* (код доступа AK333699.1), и подобные мотивы пероксидаз у родственных видов растений можно выделить в отдельный кластер полисахарид-специфичных изопероксидаз, которые, вероятно, могут взаимодействовать с хитином фитопатогенных

грибов и запускать защитные механизмы растения в ответ на инфицирование.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Госконтракт 14.604.21.0016) (уникальный идентификатор (RFMEFI60414X0016) на оборудовании ЦКП «Биомика» (Отделение биохимических методов исследований и нанобиотехнологии РЦКП «Агидель») и УНУ «КОДИНК».

Литература/References

Almagro L., Gomez Ros L. V., Belchi-Navarro S. et all. Class III peroxidases in plant defence reactions // J. Exp. Botany. 2009. Vol. 60. P. 377–390.

Bacalovic N., Passardi F., Ioannidis V. et all. PeroxiBase: A class III plant peroxidase database. // Phytochemistry. 2006. Vol. 67. P. 534–539.

Blee K. A., Choi J. W., O'Connell A. P. et all. A lignin-specifc peroxidase in tobacco whose antisense suppression leads to vascular tissue modification // Phytochemistry, 2003. Vol. 64. P. 163–176.

Carpin S., Crevecoeur M., Meyer M. et all. Identification of a Ca^{2+}-pectate binding site on an apoplastic peroxidase // Plant Cell. 2001. Vol. 13. P. 511–520.

Cosio C., Vuillemin L., Meyer M. et all. An anionic class III peroxidase from zucchini may regulate hypocotyl elongation through its auxin oxidase activity // Planta, 2009. Vol. 229. P. 823–836.

Dorofeev V. F., Udachin R. A. et all. Wheats of the World // Leningrad: Kolos, 1987. 560 p. (in Russian)

Dunand C., Tognolli M., Meyer M. et all. Identification and Characterization of Ca — Pectate Binding Peroxidase in Arabidopsis thailiana // Journal of Plant Physiology. 2002. Vol. 159. P. 1165–1171.

Goncharov N., Kondratenko E. Origin, domestication and evolution of wheat // The Vavilov Journal of Genetics and Breading, 2008. Vol. 12. N 1, 2. P. 159–179. (in Russian)

Hiraga S., Sasaki K., Ito H. et all. A large family of class III plant peroxidases // Plant Cell Physiol., 2001. Vol 42. P. 462–468.

Kawano T. Roles of the reactive oxygen species-generating peroxidase reactions in plant defense and growth induction // Plant Cell Rep. 2003. Vol. 21. P. 829–837.

Liu G., Sheng X., Greenshields D., Ogieglo A. Profiling of wheat class III peroxidase genes derived from mildew-attacked epidermis reveals distinct sequence-associated expression patterns. // Molecular Plant-Microbe Interaction. 2005. Vol. 18. P. 730–741.

Maksimov . V., Cherepanova E. A., Yarullina L. G., Axmetova I. E. Isolation of chitin-specific wheat oxidoreductases // Applied Biochemistry and Microbiology. 2005. Vol. 41, N 6. P. 616–620. (in Russian)

Passardi F., Penel C., Dunand C. Performing the paradoxical: how plant peroxidases modify the cell wall. // Plant Science. 2004. Vol. 9. P. 534–540.

Passardi F., Cosio C., Penel C., Dunand C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife // Plant Cell Rep. 2005. Vol. 24. P. 255–265.

Passardi F., Theiler G., Zamocky M. et all. PeroxiBase: the peroxidase database // Phytochemistry. 2007. Vol. 68. P. 1605–1611.

Penel C., Van Cutsem P., Greppin H. Interactions of a plant peroxidase with oligogalacturonides in the presence of calcium ions // Phytochemistry. 1999. Vol. 51. P. 193–198.

Penel C., Dunand C. Signaling via Plant Peroxidases. In: Baluška F, Vivanco J, Eds. Signaling in Plants: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

Pshenichnov E., Khashimova N., Akhunov A. et all. Participation of Chitin-Binding Peroxidase Isoforms in the Wilt Pathogenesis of Cotton // American Journal of Plant Sciences. 2011. Vol. 2. P. 43–49.

Schweikert C., Liszkay A., SchopherP. Polysaccharide Degradation by Fenton Reaction- or Peroxidase- Gene-Rated Hydroxyl Radicals in Isolated Plant Cell Walls // Phytochemistry. 2002. Vol. 61. P. 31–35.

Shah K., Penel C., Gagnon J., Dunand C. Purification and identification of a Ca-pectate binding peroxidase from Arabidopsis leaves // Phytochemistry. 2004. Vol. 65. P. 307–312.

УДК 577.21

М. А. Вишнякова. «Лаврами не увлекайтесь, это дешевый товар…» (роль Н. И. Вавилова в становлении Г. Д. Карпеченко как руководителя генетических исследований в ВИР). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015. с. 131–145.

На основе переписки Н. И. Вавилова и Г. Д. Карпеченко 1924–1926 гг. осуществлен анализ их рабочих взаимоотношений в этот период. Н. И. Вавилов, будучи директором института, формировал понимание задач и методологии исследований у молодого заведующего только что созданной лаборатории генетики. В результате на многие годы вперед были определены теоретическое обоснование и экспериментальное претворение новых методов создания селекционного материала, всестороннего генетического изучения коллекции генетических ресурсов растений и дальнейшего ее использования в практической работе по селекции важнейших сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: Н. И. Вавилов, Г. Д. Карпеченко, отдел генетики, программа генетических исследований в ВИР, стажировка, переписка 1924–1926 гг.
Библ. 20.

M. A. Vishnyakova. "Do not let laurels carry you away, they are cheap stuff ..." (Vavilov's role in the formation of G. D. Karpechenko as a leader of genetic research at VIR). Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015. pp. 131–145.

On the basis of the correspondence between N. I. Vavilov and G. D. Karpechenko in 1924–1926, their working relationship during this period has been analyzed. G. D. Karpechenko had just become head of a newly established genetics laboratory at Vavilov's institute, and the director tried to help him to understand the tasks and research methodology. As a result, for the years ahead, theoretical justification and experimental implementation of new methods of breeding material development was identified. A comprehensive genetic study of the collection of plant genetic resources was made, and its further utilization in practical breeding work with major agricultural crops was worked out.

Key words: N. I. Vavilov, G. D. Karpechenko, genetic laboratory, the program of genetic research in VIR, training, correspondence of 1924–1926.
Bibl. 20.

УДК 581.6:502.752

О. В. Зеленская, В. В. Корунчикова. Дикие родичи культурных растений на территории Приазовского государственного природного заказника. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015. с. 146–162.

Приводятся результаты исследования по выявлению диких родичей культурных растений на территории Приазовского государственного природного заказника. Изучен видовой состав этих растений, места их обитания, экологические особенности, степень родства с культурными растениями и хозяйственное значение.

Обсуждается возможность сохранения приоритетных видов растений в составе естественных природных сообществ.
Ключевые слова: дикие родичи, культурные растения, природная флора, популяция, редкие растения, меры охраны.
Библ. 18, табл. 2.

O. V. Zelenskaya, V. V. Korunchikova. Wild relatives of cultivated plants in the territory of the Pryazovsky state natural reserve. Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015. pp. 146–162.
The results of the research on tracing crop wild relatives in the territory of Priazovsky State Natural Reserve are presented. Specific composition of these plants, their habitats, ecological characteristics, the rank of affinity with cultivated plants, and their economic value have been studied. The possibility of conserving priority plant species within natural plant communities is discussed.
Key words: wild relatives, cultivated plants, natural flora, population, rare plants, protection measures.
Bibl. 18, tabl. 2.

УДК 632.15:502.175
С. Г. Великсар, С. С. Лисник, Д. Н. Братко, С. И. Тома. Антропогенное загрязнение почвы медью и фито-ремедиационный потенциал различных сельскохозяй-ственных растений. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015. с. 163–176.
Результаты проведенных исследований показали, что избыток меди в почве способствует повышенному ее накоплению в почве и органах растений, который имеет негативное влияние на рост растений и другие метаболические процессы, препятствует транспорту Fe, Mn и Zn в надземные органы. Использование Cu-аккумулирующих растений – люцерны, клевера, рапса, календулы – служит одним из перспективных элементов в технологии фитоэкстракции Cu из почвы. Выделены два сорта сои, более толерантных к избытку меди в среде – ‘Доринца’ и ‘Хорбовянка’, которые можно выращивать на почвах с повышенным содержанием меди (после раскорчевки многолетних насаждений).
Ключевые слова: антропогенное загрязнение, избыток меди, микроэлементы, фитоэкстракция.
Библ. 21, табл. 6.

S. G. Veliksar, S. S. Lisnik, D. N. Bratco, S. I. Toma. Anthropogenic pollution of soil with copper and the phytoremediation potential of different agricultural crops. Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015. pp. 163–176.
The results of the conducted studies have shown that an excess of copper in the soil contributes to an increase of its accumulation in the soil and plant organs, which has a negative effect on plant growth and other metabolic processes, and impedes the transport of Fe, Mn and Zn in the aerial organs. Using the Cu-accumulating plants – alfalfa, clover,

rape, and calendula – is one of the most promising elements of the technology of Cu phytoextraction from the soil. Two soybean varieties more tolerant to copper excess in the environment have been identified – ‘Dorintsa’ and ‘Horbovyanka’. They can be grown on soils with a high content of copper (after stubbing of perennial plants).
Key words: anthropogenic pollution, Cu surplus, trace elements, phytoextraction.
Bibl. 21, tabl. 6.

УДК 581.524: 633.31(470.67)
М. Д. Дибиров, Е. А. Дзюбенко. Интродукционные ресурсы люцерны и перспективы их использования в горных условиях. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015. с. 177–186.
В результате интродукционных испытаний люцерны установлено, что с набором высоты над уровнем моря увеличивается число побегов на растение, уменьшается продуктивность побега и отдельного растения. Выявлены и отобраны перспективные для горного Дагестана виды, сорта и формы.
Ключевые слова: люцерна, интродукция, продуктивность, фитомасса, виды, сорта.
Библ. 24, табл. 3.

M. D. Dibirov, E. A. Dzyubenko. Introductive resources of *medicago* and perspectives of their applying in mountainous conditions. Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015. pp. 177–186.
As a result of introductive tests of perennial *Medicago* species, interspecific differences in a set of traits were revealed. It was found that with the increase of the height above sea level the number of shoots on individual plant increases, while the productivity of shoots and individual plants decreases. Species, varieties and forms promising for Mountainous Dagestan were identified and selected.
Key words: *Medicago,* introduction, productivity, phytomass, species, varieties.
Bibl. 24, tabl. 3.

УДК 581.16
А. А. Реут, Л. Н. Миронова. Итоги интродукции и сохранения в условиях *ex situ* редкого вида республики Башкортостан *Paeonia hybrida* Pall. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015. с. 187–196.
В статье приведены результаты интродукционного изучения редкого вида флоры Республики Башкортостан *Paeonia hybrida* Pall. на базе Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Представлены данные фенологических наблюдений, морфометрические показатели, антэкология и элементы семенной продуктивности вида в культуре. Дается оценка успешности его интродукции в лесостепной зоне Башкортостана по комплексу биолого-хозяйственных признаков. Приводятся результаты изучения влияния минеральных подкормок и синтетических регуляторов роста на семенную продуктивность и габитус растений.

Ключевые слова: пион степной, интродукция, фенология, морфометрия, биология цветения, семенная продуктивность.
Библ. 23, рис. 1, табл. 1.

A. A. Reut, L. N. Mironova. Summary of introduction and conservation *ex situ* of the rare species of Bashkortostan *Paeonia hybrida* Pall. Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015, pp. 187–196.
Paeonia hybrida Pall., a rare species of the flora of Bashkortostan, was experimentally introduced into cultivation at the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences. The results of its study are shown, including the data of phenological observations, morphometric parameters, anthecology and elements the species' seed productivity under cultivation. The success of its introduction into the forest-steppe region of Bashkortostan on is assessed according to a set of biological and economic characteristics. The effect of mineral supplements and synthetic growth regulators on seed production and plant habit is discussed.
Key words: *Paeonia hybrida*, introduction, phenology, morphometry and biology of flowering and seed production.
Bibl. 23, fig. 1, tabl. 1.

УДК 581.6:633.1:633.854.78:634.2:635.5:575.1:581.573.4
С. К Темирбекова, Д. Д. Ван Мансвельт. Популяционный аспект в органическом сельском хозяйстве. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015. с. 197–209.
Статья посвящена изучению изменчивости сортовых признаков культурных растений в пределах их популяций. Была изучена структура экоэлементов популяций нескольких сортов пшеницы различного географического происхождения, с разными экологическими особенностями; которые изучались в одной климатической зоне. Изменчивость фенотипического состава популяций исследовалась с использованием эффекта различных сроков посева, температурных факторов, режима освещения. Были выявлены различные варианты изменчивости исследованных признаков. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения сортовых качеств культурных растений.
Ключевыке слова: популяционная структура, культурное растение, сорта, пшеница.
Библ. 37, рис. 1.

S. K. Temirbekova, J. D. Van Mansvelt. Population aspect in organic agriculture. Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015. pp. 197–209.
Article is devoted studying of variability of cultivated plants varieties characters within their populations. The structure of ecoelements in populations of several wheat varieties of different geographical origin, with different ecological features has been studied in one climatic zone. Variability of populations phenotypical structure was investigated with use of different effects: various dates of crops sawing, temperature factors, an light mode.

Various variants of variability of the investigated characters have been revealed. Results of research can be used for improvement of cultivated plants varieties quality.
Key words: population structure, cultivated plant, wheat, varieties.
Bibl. 37, fig. 1.

УДК 58.02:633.52
Н. Б. Брач, А. В. Домантович, В. А. Кошкин, А. А. Санин, Л. А. Косых. Интенсивность роста и развития линий льна с различной фотопериодической чувствительностью на широтах, традиционных для выращивания льна-долгунца и межеумка. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015. с. 210–224.
35 линий генколлекции льна ВИР, отличавшиеся по происхождению и фоточувствительности, изучены в естественных условиях выращивания льна-долгунца (60°с. ш.) и межеумка (53°с. ш.), а также на искусственно созданном длинном и коротком дне по продолжительности фаз всходы-цветение, цветение-созревание и высоте растений. Установлено, что при небольших различиях длины дня основное влияние на продолжительность фаз вегетационного периода оказывает температура воздуха. На высоту льна в аналогичных условиях кроме температуры влияет и интенсивность осадков. Кроме того, генотипы по-разному взаимодействуют с конкретными погодными условиями. Поэтому проведение географического изучения широкого разнообразия исходного материала позволит эффективнее отбирать перспективные генотипы для селекции.
Ключевые слова: лен, фоточувствительность, вегетационный период, высота.
Библ. 24, рис. 8, табл. 1.

N. B. Brutch, A. V. Domantovich, V .A. Koshkin, A. A. Sanin, L. A. Kosykh. Intensity of growth and development of flax lines with different photosensitivity in the latitudes traditional for flax and linseed. Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015. pp. 210–224.
Thirty-five lines from the flax genetic collection held at VIR, differing in origin and photosensitivity, have been evaluated in natural conditions of fibre flax (60°nl) and linseed (53°nl) cultivation, and in artificially created long- and short-day conditions for the duration of phases “germination-flowering”, “flowering-maturation” and plants height. It was found that within small differences in day length the main influence on the duration of vegetative period has air temperature. Under similar conditions, flax height, except for the temperature, is affected by intensity of precipitation. Additionally, the genotypes interact differently with specific environmental conditions. Therefore, conducting geographical study of a wide variability of source material will allow more efficient selection of perspective genotypes for breeding.
Key words: flax, photosensitivity, vegetative period, height.
Bibl. 24, fig. 8, tabl. 1.

УДК 577.152.193: 632.938

И. В. Максимов, Г. Ф. Бурханова, О. И. Кузьмина, В. А. Вахитов. Полиморфизм гена, кодирующего анионную пероксидазу пшеницы. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Том 176, вып. 2. 2015, с. 225–236.

В результате секвенирования и анализа структуры фрагмента гена AK333699 у разных видов трибы *Triticeae* Trin. ex Griseb. показано, что ген анионной пероксидазы характеризуется сходной организацией внутри рода пшениц. При этом происходит разделение видов пшениц на два отдельных кластера, соответствующих их геномному распределению на два подрода – *Boeoticum* Migusch. et Dorof. и *Triticum*. Таким образом, секвенированные фрагменты, гомологичные гену TC151917 (код доступа AK333699.1) анионной пероксидазы *Triticum* aestivum L., и подобные мотивы пероксидаз у родственных видов растений можно выделить в отдельный кластер полисахарид-специфичных изопероксидаз, которые, вероятно, могут взаимодействовать с клеточными стенками патогенных грибов и запускать защитные механизмы растения в ответ на инфицирование.

Ключевые слова: виды пшениц и эгилопс, ген пероксидазы, полиморфизм.

Библ. 30, рис. 4.

I. V. Maksimov, G. F. Burkhanova, O. I. Kuzmina, V. A. Vakhitov. Anionic peroxidase gene polymorphism in wheat. Proceedings on applied botany, genetics and breeding**.** Vol. 176. I. 2. 2015, pp. 225–236.

The results postulated a close genetic proximity of the peroxidase gene AK333699 of *Triticum aestivum* L. among *Triticum* L. species. At the same time – *T. compactum* Host, *T. durum* Desf., *T. macha* Dekapr. & Menabde, *T. spelta* L., *T. turgidum* L., *T. urartu* Thum. ex Gandiljan and *T. aestivum* (media genomes A^u) clustered to the subgenus *Triticum*. Species T. compactum, T. durum, T. macha, T. spelta, T. turgidum, T. urartu and T. aestivum (media genomes A^b) clustered together to the subgenus Boeoticum Migusch. et Dorof. Thus, the sequenced fragments homologous to the peroxidase gene TC151917 of T. aestivum and the similar peroxidase gene in another species can be identified as a separate cluster of polysaccharide-specific isoperoxidases which can bind on pathogens cell wall structures and initiate plant defense mechanisms.

Key words: wheat, *Triticum* and *Aegilops* species, gene of peroxidase.

Bibl. 30, fig. 4.

СОДЕРЖАНИЕ

История ВИР. Славные имена

Вишнякова М. А. «Лаврами не увлекайтесь, это дешевый товар…» Роль Н. И. Вавилова в становлении Г. Д. Карпеченко как руководителя генетических исследований в ВИР ……..…...….. 131

Мобилизация и сохранение генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей

Зеленская О. В., Корунчикова В. В. Дикие родичи культурных растений на территории Приазовского государственного природного заказника ….. 146

Изучение и использование генетических ресурсов растений

Великсар С. Г., Лисник С. С., Братко Д. Н., Тома С. И. Антропогенное загрязнение почвы медью и фиторемедиационный потенциал различных сельскохозяйственных растений …….…….…..... 163

Дибиров М. Д., Дзюбенко Е. А. Интродукционные ресурсы люцерны и перспективы их использования в горных условиях …….….. 177

Реут А. А., Миронова Л. Н. Итоги интродукции и сохранения в условиях ex situ редкого вида республики Башкортостан Paeonia hybrida Pall. ….… 187

Темирбекова С. К., Мансвельт Д. Д. Ван. Популяционный аспект в органическом сельском хозяйстве …….….. 197

Изучение и использование коллекции культурных растений и их диких родичей

Брач Н. Б., Домантович А. В., Кошкин В. А., Санин А. А., Косых Л. А. Интенсивность роста и развития линий льна с различной фотопериодической чувствительностью на широтах, традиционных для выращивания льна-долгунца и межеумка …….…….. 210

Идентификация генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей для решения фундаментальных и прикладных проблем

Максимов И. В., Бурханова Г. Ф., Кузьмина О. И., Вахитов В. А. Полиморфизм гена, кодирующего анионную пероксидазу пшеницы ... 225

CONTENTS

History of VIR. Names of Renown

Vishnyakova, M. A. "Do not let laurels carry you away, they are cheap stuff ..." (Vavilov's role in the formation of G. D. Karpechenko as a leader of genetic research at VIR) …….....……...…. 131

Mobilization and conservation of cultivated plant genetic diversity and crop wild relatives

Zelenskaya, O. V., V. V. Korunchikova. Wild relatives of cultivated plants in the territory of the Pryazovsky state natural reserve ……..… 146

Studying and utilization of plant genetic resources

Veliksar, S. G., S. S. Lisnik, D. N. Bratco, S. I. Toma. Anthropogenic pollution of soil with copper and the phytoremediation potential of different agricultural crops …….....… 163

Dibirov, M. D., E. A. Dzyubenko. Introductive resources of Medicago and perspectives of their applying in mountainous conditions ……..……/. 177

Reut, A. A., L. N. Mironova Summary of introduction and conservation *ex situ* of the rare species of Bashkortostan *Paeonia hybrida* Pall. ……//…..... 187

Temirbekova, S. K, J. D. Van Mansvelt. Population aspect in organic agriculture. 197

Studying and utilization of the collection of cultivated plants and their wild relatives

Brutch, N. B., A. V. Domantovich, V. A. Koshkin, A. A. Sanin, L. A. Kosykh. Intensity of growth and development of flax lines with different photosensitivity in the latitudes traditional for flax and linseed ….. 210

Identification of cultivated plant genetic diversity and crop wild relatives for solving fundamental and applied problems

Maksimov, I. V., G. F. Burkhanova, O. I. Kuzmina, V. A. Vakhitov. Anionic peroxidase gene polymorphism in wheat …….....……... 225

Научное издание

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 176, ВЫПУСК 2**

Выпускающий редактор *Е. И. Гаевская*
Научный редактор *Е. А Соколова*
Компьютерная верстка *Л. Ю. Шипилина*
Корректор *Ю. С. Чепель-Малая*

Подписано в печать 30.06.2015 Формат бумаги 70×100 $^{1}/_{16}$
Бумага офсетная. Печать офсетная
Печ. л. 7,43 Тираж 300 экз. Зак.26/13

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 44

ООО «Р – КОПИ»
Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6^{Б}