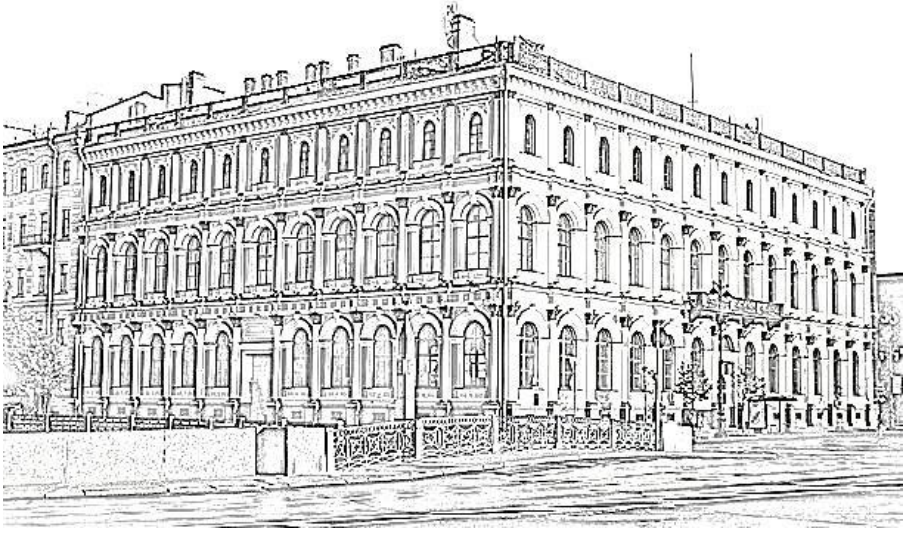


N. I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE
OF PLANT GENETIC RESOURCES (VIR)

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING

volume 176
issue 4

Editorial board

O. S. Afanasenko, I. N. Anisimova, G. A. Batalova, L. A. Bespalova, N. B. Brutch, Y. V. Chesnokov, A. Diederichsen, N. I. Dzyubenko (Chief Editor), *N. Friesen, A. V. Kilchevsky, M. M. Levitin, I. G. Loskutov, S. S. Medvedev, O. P. Mitrofanova, A. I. Morgunov, H. A. Muminjanov, E. K. Potokina, E. E. Radchenko, I. D. Rashal, A. V. Rodionov, N. I. Savelyev, Z. Sh. Shamsutdinov, M. M. Silantyeva, T. N. Smekalova, I. A. Tikhonovich, J. Turok, E. K. Turuspekov, M. A. Vishnyakova*.

Editor in charge of this issue: *N. B. Brutch, V. A. Gavrilova*

ST. PETERSBURG

2015

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

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ

том 176
выпуск 4

Редакционная коллегия

И. Н. Анисимова, О. С. Афанасенко, Г. А. Баталова, Л. А. Беспалова, Н. Б. Брач, М. А. Вишнякова, А. Дидериксен, Н. И. Дзюбенко (главный редактор), *А. В. Кильчевский, М. М. Левитин, И. Г. Лоскутов, С. С. Медведев, О. П. Митрофанова, А. И. Моргунов, Х. А. Муминджанов, Е. К. Потокина, Е. Е. Радченко, И. Д. Рашаль, А. В. Родионов, Н. И. Савельев, М. М. Силантьева, Т. Н. Смекалова, И. А. Тихонович, Й. Турок, Е. К. Туруспеков, Н. В. Фризен, Ю. В. Чесноков, З. Ш. Шамсутдинов*

Ответственные редакторы выпуска *Н.Б.Брач, В.А.Гаврилова*

САНКТ–ПЕТЕРБУРГ

2015

DOI:10.30901/2227-8834-2015-4
УДК 58:631.52:633/635(066)

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. 120 с.

Представлены результаты изучения генетических ресурсов культурных растений и возможности их использования. Обсуждается влияние изменений климата на качество урожая картофеля, винограда и пшеницы на территории Европейской части РФ. Выявлено влияние почвенной засухи на гетерогенность популяций пшеницы и ячменя. Охарактеризован исходный материал для селекции сливы на продуктивность и крупноплодность. Приведены результаты использования дикорастущих видов сливы в селекции клоновых подвоев косточковых. Рассмотрены новые подходы к решению вопросов происхождения и эволюции культурного льна. Представлены исторический очерк становления и 90 летней работы отдела плодовых культур ВИР и творческий путь И. И.Туманова – специалиста по физиологии устойчивости растений. В выпуск включены новые правила для авторов.

Табл. 8, рис. 10, библиогр. 122 назв.

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

PROCEEDINGS ON APPLIED BOTANY, GENETICS AND BREEDING. Vol. 176. Iss. 4. SPb., 2015. 120 p.

The results of cultivated plants genetic resources evaluation and possibilities of their use are presented. The impact of climate changes on the yield and quality of potatoes, grapes and wheat on the territory of the European part of Russia is discussed. The effect of drought on the heterogeneity of wheat and barley populations is shown. The initial material for plums breeding for productivity and fruits size is characterized. The results of plum wild species use in breeding of clonal rootstocks of stone fruits are presented. New approaches to the solution of problems of cultivated flax origin and evolution are considered. Historical essay of the foundation and 90 years work of the Department of fruit crops of VIR and creative way of I. I. Tumanov – expert in physiology of plants resistance are presented. The issue includes new rules for the authors.

Tabl. 8, Fig. 10, Ref. 122.

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 634.1:631.527 DOI:10.30901/2227-8834-2015-4-370-380

ОТДЕЛУ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР ВИР 90 ЛЕТ

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

Отделу генетических ресурсов плодовых культур ВИР в 2015 г. исполнилось 90 лет. Он был организован в 1925 г. как «Отдел плодоводства, огородничества и специальных культур» по инициативе Н. И. Вавилова, а первым руководителем стал известный в то время знаток плодовых культур В. В. Пашкевич, впоследствии академик ВАСХНИЛ. На первых этапах была сформирована сеть опытных станций (Павловская, Полярная, Майкопская, Дальневосточная, Волгоградская, Крымская помологическая, Сухумская, Среднеазиатская, Туркменская, позднее Крымская опытно-селекционная), на которых стали размещать и сажать коллекционные плодовые растения. Посадочный материал завозили из-за рубежа, размножали и выращивали в питомниках станций, привлекали в результате экспедиционных обследований. Параллельно с интродукционной деятельностью сотрудники осуществляли интенсивное изучение нового растительного материала. К 2015 г. генофонд, собранный на опытных станциях института, насчитывает 22 750 образцов, в том числе семечковые культуры (яблоня, груша, айва, рябина, ирга) – 5913, косточковые (слива, алыча, терн, абрикос, персик, вишня, черешня, микровишня, черемуха, миндаль) – 7445, ягодные (смородина черная и красная, крыжовник, малина, ежевика, земляника, жимолость) – 4227, орехоплодные – 108, прочие плодовые (актинидия, лимонник, калина) – 439, декоративные – 1587, виноград – 3031. Генофонд включает источники и доноры ценных селекционных и хозяйственных признаков, староместные и новые селекционные сорта, дикорастущие и культигенные виды.

Ключевые слова: генофонд, опытные станции, плодовые, ягодные культуры.

THE 90TH ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF FRUIT CROP GENETIC RESOURCES AT VIR

A. A. Yushev
The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42-44, B.Morskaya Street, St. Petersburg, Russian Federation, 190000
e-mail: a.yushev@vir.nw.ru

In 2015, VIR's Department of Fruit Crop Genetic Resources celebrated its 90th anniversary. It was organized in 1925 at the initiative of N. I. Vavilov as the Department of Fruit Growing, Horticulture and Special Crops. Its first head was V. V. Pashkevich, a renowned expert in fruit crops of his time; later he became full member of the All-Union Academy of Agricultural Sciences. At the initial stage of the Department's work a network of experiment stations was established to accommodate and grow fruit plant accessions from the collection (Pavlovsk, Polar, Maikop, Far East, Volgograd, Crimean Pomological, Sukhumi, Middle Asian, Turkmenian Stations, and later Krymsk Breeding Station). Planting material was imported from abroad, propagated and grown in the stations' nurseries; the fruit germplasm obtained by collecting missions was also used. Concurrently with plant introduction work, the staff carried out intensive studies of new plant materials. By 2015, the genetic diversity maintained at the Institute's experiment stations has been represented by 22 750 accessions, including 5913 accessions of pome plants (apple, pear, quince, rowan, serviceberry), 7445 of drupe plants (plum, myrobalan plum, sloe, apricot, peach, sour cherry, sweet cherry, bird cherry, almond), 4227 of berries (black and red currants, gooseberry, raspberry, blackberry, strawberry, honeysuckle), 108 of nut-bearing plants, 437 of other fruit crops (actinidia, lemongrass, viburnum), 1587 of ornamentals, and 3031 of grapes. The collection includes sources and donors of valuable valuable breeding and economic traits, landraces and modern improved varieties, wild species and cultigens.

Key words: genetic diversity, experiment stations, fruit and berry crops.

Отдел генетических ресурсов плодовых культур был организован как «Отдел плодоводства, огородничества и специальных культур» в результате Постановления № 39 от 01.07.1925 г. Совета Народных Комиссаров СССР «Положение о Всесоюзном институте прикладной ботаники и новых культур».

Активное участие в организации отдела и опытных станций (по рекомендации Н. И. Вавилова) принял известный уже в то время знаток плодовых культур, первый руководитель отдела, помолог Василий Васильевич Пашкевич (1856–1939), впоследствии академик. В 20-30-х

годах была создана сеть опытных станций ВИР. В эти годы возникли Полярная (Мурманская область, 1923), Среднеазиатская (Ташкент, 1924), Павловская (Ленинградская область, 1926), Сухумская (Абхазия, 1926), Туркменская (Кара-Кала, 1927), Дальневосточная (Приморский край, 1929), Майкопская (Краснодарский край, Шунтук, 1930), Волгоградская (Краснослободск, 1932), Крымская помологическая (Крым, Бахчисарай, 1937) опытные станции. Впоследствии в 1958 г. к ним была присоединена Крымская опытно-селекционная станция (Крымск, Краснодарский край). На опытных станциях, организованных в различных климатических зонах, были заложены коллекции плодовых, ягодных, орехоплодных, цитрусовых и южных субтропических культур.

Коллекции ягодных культур (земляника – 528, малина – 487, смородина – 562, крыжовник – 216 образцов) были заложены в 1926–1936 гг. на Павловской опытной станции (30 км южнее Санкт-Петербурга). Активное участие в их формировании принимали сотрудники отдела: Н. М. Павлова, Р. П. Бологовская, Ю. К. Катинская, М. А. Розанова, Н. Я. Федорова, Т. П. Антонова, Н. Е. Шарина и другие. Коллекции плодовых культур закладывались под непосредственным руководством и при участии ученых специалистов Ф. А. Крюкова, Г. А. Рубцова, Г. Г. Тарасенко, Ф. Д. Лихоноса, Р. Я. Кордона, Г. П. Викторовского, А. Г. Лусса и др. Коллекция яблони Павловской опытной станции к 1933 г. насчитывала 148 образцов, также 57 сортов сливы и 18 – вишни и черешни, а к 1935 г. на станции сохранялись в общей сложности уже 1759 образцов плодовых и ягодных растений. Процесс формирования коллекций Павловской опытной станции в динамике нельзя рассматривать отдельно от работ, осуществляемых отделом института на других станциях. Существенную роль в формировании генофонда сыграли экспедиции в различные регионы страны и зарубежные страны, систематически осуществляемые сотрудниками отдела. Начиная с 1925 г., В. В. Пашкевич обследовал территории произрастания дикорастущих плодовых растений, кроме того шло активное исследование местного сортимента России, Белоруссии, Азербайджана и Средней Азии. В 30-е годы специалисты отдела и станций обследовали плодовые культуры Кавказа и Казахстана. Особое внимание уделяли сбору плодовых культур Дальнего Востока и Сибири. Много растительного материала в 1928–1932 гг. было завезено из зарубежных стран. В конце первого десятилетия с момента организации отдела коллекции насчитывали 6 тыс. образцов.

Большой урон посадкам на опытных станциях был причинен во время Великой Отечественной войны. Особенно сильно пострадали коллекции Павловской опытной станции, которая в период с 1941 по 1944 гг. находилась под немецкой оккупацией. Растения плодовых культур нещадно вырубались на топливо, засыхали в связи с отсутствием элементарного систематического ухода. Кроме того, многие сорта яблони, вишни, сливы, смородины, крыжовника, малины, ценные гибриды косточковых были вывезены за пределы России. Только наступление советских войск в январе 1944 г. спасло насаждения и строения станции от полного уничтожения. Пострадали и коллекции в Майкопе, пробывшие в оккупации семь месяцев (весна – лето 1942 г.) К 1945 г. состояние коллекций плодовых и ягодных культур и на некоторых других станциях по разным причинам было неудовлетворительным, поэтому в послевоенный период проводилась активная работа по восстановлению, реконструкции насаждений. К 1955 г. численность образцов составила 13 тыс., к 1966 г. – свыше 19 тыс.

С 1950 г. возобновились экспедиционные обследования Кавказа, Средней Азии, Крыма, Украины, Молдавии, Поволжья, Центральной России, Северо-Западного региона, Урала, Белоруссии, Прибалтийских республик, Западной и Восточной Сибири. К 1991 году усилиями плодоводов центра и опытных станций в генофонд ВИР были привлечены 34 тыс. образцов плодовых и ягодных, орехоплодных, субтропических, декоративных культур и винограда. После 1991 г. в связи с распадом СССР некоторые станции отошли в подчинение новым государствам СНГ: Крымская помологическая, Туркменская, Сухумская станции и Среднеазиатский филиал, а вместе с ними и собранный к тому времени генофонд. На станциях, расположенных на территории РФ, к 2015 г. коллекция стала насчитывать 21,5 тыс. образцов, в том числе семечковые культуры – 5649, косточковые – 6096, ягодные – 4665, виноград – 3031, прочие плодовые – 467, декоративные – 1587. Состав коллекций уникален, он включает дикорастущие и культигенные виды, староместные и новые селекционные сорта, источники и доноры ценных селекционных и хозяйственных признаков. Известны имена многих ученых-плодоводов, внесших неоценимый вклад в пополнение и изучение генофонда самых различных плодовых и ягодных растений. Это ученые-соратники Н. И. Вавилова: П. Н. Богушевский, Р. П. Бологовская, Я. Ф. Кац, Н. И. Кичунов, Н. В. Ковалев, К. Ф. Костина, Ф. А. Крюков, Ф. Д. Лихонос, А. М. Негруль, Н. М. Павлова, М. А. Розанова, Г. А. Рубцов, В. А. Рыбин, Г. Г. Тарасенко.

Первый руководитель отдела В. В. Пашкевич был прекрасным знатоком плодовых растений. Его методические разработки нашли отражение в таких капитальных трудах, как «Сортоизучение и сортоводство плодовых деревьев» (Pashkevich, 1933), «Общая помология, или Учение о сортах плодовых деревьев» (Pashkevich, 1930). Параллельно со сбором растительного материала происходило его систематическое изучение по специально разработанной «вировской» методике (Programme and methodology…, 1970). Традиции, внесенные Н. И. Вавиловым и В. В. Пашкевичем, сохраняются последующими поколениями плодоводов. На основании многолетнего изучения выделяются лучшие по хозяйственно-ценным признакам образцы, источники и доноры ценных селекционных признаков, паспорта на которые публикуются в виде каталогов-справочников. Несмотря на то, что селекционная работа не входила в тематические планы отдела (за исключением отдельных станций и культур), сотрудники отдела проводили скрещивания, результаты которых послужили основой для выведения новых сортов. За весь период деятельности отдела и станций в разные годы были районированы более 140 сортов, среди которых наибольший удельный вес заняли косточковые плодовые (слива, алыча, подвои) и ягодные (земляника, смородина, жимолость) культуры (Yushev, 2000).

За истекший период со времени организации отделом руководили многие талантливые ученые, оставившие свой научный и организаторский след в истории института.

В послевоенный период руководителем отдела становится Н. М. Павлова. Она заведовала отделом с 1959 по 1967 гг., большое внимание уделяла воспитанию научных кадров, отличалась требовательностью к работе сотрудников, терпением и тактичным отношением к коллегам. Нина Михайловна была великим тружеником, одаренным человеком, прекрасным ботаником. Как выдающийся морфолог, систематик и селекционер, Нина Михайловна была непререкаемым авторитетом в науке о ягодных культурах. Обладая громадными знаниями по селекции, она оказала основное влияние на направления работ отечественных селекционеров. Это был яркий ученый, беззаветно преданный науке.

Ученик Н. М. Павловой, В. Л. Витковский, руководил отделом с 1967 по 1974 г. и с 1988 по 2001 г. Все 55 лет своей научной деятельности он работал, не считаясь со временем, и был предан научным принципам и идеям Н. И. Вавилова. В институте ему пришлось состоять на разных

должностях – от заведующего отделом до заместителя директора института по научно-исследовательской работе, и всегда изучение мирового генофонда плодовых культур было для него святым поприщем. Он был многократным участником экспедиций по СССР и зарубежным странам по сбору растений. Жизнь Всеволода Леонидовича – пример верного служения науке. Как руководитель он был очень доброжелательным человеком, аспирантам давал полную самостоятельность, в частных беседах направляя в нужное русло их исследования. 34 его ученика защитили кандидатские диссертации, а четверо стали докторами наук.

Я. С. Нестеров пришел на заведование отделом в 1988 г., обладая уже большим опытом руководящей работы, будучи членом-корреспондентом РАСХН. Его любимым объектом изучения был генофонд яблони, а направлениями – зимостойкость и морозостойкость, период покоя, ускорение плодоношения, физиология и селекция. Он опубликовал свыше 300 научных и научно-популярных работ, в том числе 20 монографий и книг. Он был справедливым, строгим, мудрым и добрым руководителем.

М. Н. Плеханова пришла в отдел после окончания Ленинградского сельскохозяйственного института в 1975 г. После аспирантуры и защиты кандидатской, а затем докторской диссертаций в 2002 г. ее избирают на должность заведующего отделом генетических ресурсов плодовых культур. Целеустремленная и талантливая, она за короткий период становится известным в стране ученым в области биологии и селекции ягодных культур – жимолости, облепихи, лимонника, калины, специалистом по растительным ресурсам плодовых растений. Трудолюбие, инициативность, высокая квалификация и организаторские способности были характерными чертами Марии Николаевны.

Л. А. Бурмистров, кандидат сельскохозяйственных наук, заведовал отделом с 2005 по 2008 гг. За короткий период он завоевал уважение и признательность коллектива. Высоко эрудированный, отзывчивый и доброжелательный, он прекрасно знал разговорный английский язык и с большим энтузиазмом участвовал в экспедициях института. Как куратор, он руководил исследованиями по культурам грушы, айвы, рябины и ирги. Обладая глубокими знаниями, он с увлеченностью и скрупулезностью стремился использовать их в работе с генофондом.

А. А. Сорокин, кандидат сельскохозяйственных наук, руководил отделом в период 2008–2015 гг., изучая параллельно разнообразие жимолости, облепихи и актинидии. Способный молодой ученый, он после

окончания Санкт-Петербургского аграрного университета быстро вник в специфику работы с генофондом, изучил разговорный английский язык и горячо отстаивал значение северного генофонда плодовых и ягодных растений, размещенных в посадках Павловской опытной станции.

Располагая значительным видовым и сортовым разнообразием плодовых растений, специалисты по различным культурам уделяли внимание разработке и уточнению вопросов морфологии плодовых растений, систематики и сортовой классификации. Были уточнены и разработаны новые системы ботанических родов, таких как *Malus* Mill. (Likhonos, 1983; Ponomarenko, 1986), *Pyrus* L. (Tuz, 1983), *Cydonia* L. (Lobachev, 1983), *Cerasus* Mill. (Yushev, 1990), *Prunus* L. (Eremin, 1977, 2008) и других. Многогранная работа специалистов по плодовым и ягодным культурам отдела и опытных станций за период 1925–1990 гг. обобщена в издании указателя работ «Проблемы систематики, классификации и морфологии плодовых растений» (Vitkovsky, Sokolova, 1992). С конца прошлого века ведется работа по оформлению электронной паспортной базы данных (БД) коллекционных образцов плодовых и ягодных растений, которая представлена в Интернете.

По результатам изучения генофонда опубликованы многие монографии по отдельным культурам и вопросам биологии плодовых растений, ставшие классикой среди трудов по биологии плодовых культур растений: «Малина» (Bologovskaya, 1930), «Слива» (Kryukov, 1931), «Груша» (Rubtsov, 1931), «К изучению рода *Prunus* Focke» (Kovalev, Kostina, 1935), «Генетические основы селекции винограда» (Negrul, 1936), «Абрикос» (Kostina, 1936), «Орехоплодные. Культурная флора СССР» (Kordon, Smolyaninova, Kharyuzova, 1936), «Яблоня» (Tarasenko, 1941), «Черная смородина в СССР» (Pavlova, 1951), «Земляника» (Katinskaya, 1961), «Семечковые. Культурная флора СССР» (Likhonos, 1983), «Морфогенез плодовых растений» (Vitkovsky, 1984) и другие.

В дальнейшем значительный вклад в сбор и изучение плодовых растений внесли современники – ученые-плодоводы ВИР и опытных станций: Н. М. Бочкарникова, Л. А. Бурмистров, В. Л. Витковский, Е. В. Володина, А. М. Грюнер, В. П. Денисов, Г. В. Еремин, Н. И. Зактрегер, Ю. К. Катинская, А. Я. Лобачев, Э. Н. Ломакин, Е. В. Мажоров, В. И. Майорова, В. В. Малыченко, О. Ф. Мизгирева, Я. С. Нестеров, Е. Ф. Петрова, М. Н. Плеханова, В. В. Пономаренко, А. Г. Прусс, Е. А. Соколова, Т. Г. Тамберг, А. С. Туз, В. П. Царенко, А. А. Юшев и другие, принимавшие активное участие в работе по

формированию генетических коллекций. В списке перечислены далеко не все сотрудники центра и станций. Помимо экспедиций по территории страны, они участвовали в зарубежных поездках в Афганистан, Иран, Индию, Китай, Северную и Южную Корею, Грецию, Испанию, Канаду, Францию, Нидерланды, США, Болгарию, Чехословакию и другие страны Европы, Азии и Америки. Ими также были опубликованы многочисленные итоговые статьи по результатам изучения коллекционного материала, многие тематические каталоги-справочники, брошюры, рекомендации. Получили популярность книги по отдельным культурам, среди которых: «Актинидия, лимонник, жимолость» (Plekhanova, 1982), «Плодовые растения мира» (Vitkovsky, 2003), «Вишня войлочная» (Tsarenko et al., 2004), «Вишня, черешня» (Yushev, Eremina, 2007), «Плодовые и ягодные культуры» (Fruit and berry…, 2008), «Книга о вишне» (Yushev, Orlova, 2013). Многочисленные итоговые статьи и региональные монографии опубликованы сотрудниками опытных станций. За рассматриваемый период ведущими сотрудниками отдела подготовлены многие кандидаты и доктора наук по специальности «селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений».

Начиная со времени организации, отдел генетических ресурсов плодовых культур ВИР выполняет свои главные функции – сбор, сохранение и изучение мирового разнообразия плодовых, ягодных, орехоплодных, декоративных культур и винограда. В разные времена имелись определенные трудности в этой важной деятельности во имя здоровья и благополучия человека. Однако никогда не пропадал интерес исследователей к познанию и улучшению того прекрасного, что подарила нам природа и селекционная деятельность человека.

References/Литература

Bologovskaya R. P. Raspberry. Leningrad, 1930. 125 p. [in Russian] (*Бологовская Р. П.* Малина. Л., 1930. 125 с.).

Vitkovsky V. L. Morphogenes of fruit plants. Leningrad: Kolos, 1984. 208 p. [in Russian] (*Витковский В. Л.* Морфогенез плодовых растений. Л.: Колос, 1984. 208 с.).

Vitkovsky V. L., Sokolova E. A. Problems of systematics, classification and morphology of fruit plants. St. Petersburg: VIR, 1992. 62 p. [in Russian] (*Витковский В. Л., Соколова Е. А.* Проблемы систематики, классификации и морфологии плодовых растений // Указатель работ сотрудников отдела плодовых культур и опытных станций ВИР за 1925–1990 гг. СПб: ВИР, 1992. 62 с.).

Vitkovsky V. L. Fruit plants of the world. St. Petersburg: Lan`, 2003. 592 p. [in Russian] (*Витковский В. Л.* Плодовые растения мира.// СПб.: Лань, 2003. 592 с.).

Eremin G. V. Systematics of stone fruit plants // In: Pomology. Vol. III. Stone fruit crops. Orel. 2008. P. 15–20 [in Russian] (*Еремин Г. В.* Систематика косточковых плодовых растений // В кн.: Помология. Т. III. Косточковые культуры. Орел: ВНИИСПК, 2008. С. 15–20).

Eremin G. V. Origin, evolution and systematics of plum // In: Remote hybridization in plum breeding. Moscow, 1977. P. 7–31 [in Russian] (*Еремин Г. В.* Происхождение, эволюция и систематика сливы // В кн.: Отдаленная гибридизация в селекции сливы. М., 1977. С. 7–31).

Kryukov F. A. Plum // Leningrad, 1931. 348 p. [in Russian] (*Крюков Ф. А*. Слива. Л., 1931. 348 с.).

Kovalev N. V., Kostina K. F. A Contribution to the Study of the Genus Prunus Focke (Questions of taxonomy and plant breeding) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Leningrad: VIR, 1935. Series VIII. N 4. P. 5–76. [in Russian] (*Ковалев Н. В., Костина К. Ф.* К изучению рода Prunus Focke // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л.: ВИР, 1935. Сер. VIII. № 4. С. 5–76.).

Kostina K. F. Apricot // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Supplement 83. Leningrad: VIR, 1936. 290 p. [in Russian] (*Костина К. Ф.* Абрикос // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Приложение 83. Л.: ВИР, 1936. 290 с.).

Kordon R. J., Smolyaninova L. A., Kharyuzova E. D. Flora of cultivated plants. Vol. XVII. Nut crops. Moscow – Leningrad: Gos. izd. s.-kh. Lit., 1936. 354 p. [in Russian] (*Кордон Р. Я., Смольянинова Л. А., Харьюзова Е. Д.* Культурная флора СССР. Т. XVII. Орехоплодные. М.–Л.: Гос. изд. с.-х. лит., 1936. 354 с.).

Katinskaya Yu. K. Strawberry. Leningrad, 1961. 166 p. [in Russian] (*Катинская Ю. К.* Земляника. Л., 1961. 166 с.).

Likhonos F. D. Malus Mill. – Apple // In: Flora of cultivated plants. Vol. 14. Pome plants. Moscow: Kolos, 1983. P. 16–125. [in Russian] (*Лихонос Ф. Д.* Malus Mill. – Яблоня. // В кн.: Культурная флора СССР. Т. 14. Семечковые. М.: Колос, 1983. С. 16–125).

Lobachev A. J. Cydonia Mill. – Quince // In: Flora of cultivated plants. Vol. 14. Pome plants. Moscow: Kolos. 1983. P. 235–317 [in Russian] (*Лобачев А. Я.* Cydonia Mill. – Айва. // В кн.: Культурная флора СССР. Т. 14. Семечковые. М.: Колос. С. 235–317).

Negrul A. M. Family Vitaceae Lindley (Ampelideae Kunth.) // In: Ampelography in the USSR. Vol. 1. Moscow, 1946. P. 45–132. [in Russian] (*Негруль А. М.* Семейство Vitaceae Lindley (Ampelideae Kunth.) // В кн.: Ампелография СССР. Т. 1. М., 1946. С. 45–132.).

Pashkevich V. V. General pomology, or Study of fruit-tree varieities. Moscow – Leningrad, 1930. 583 p. [in Russian] (*Пашкевич В. В.* Общая помология или учение о сортах плодовых деревьев. М.–Л., 1930. 583 с.)

Pashkevich V. V. Pomology and breeding of fruit-tree varieties. Moscow – Leningrad, 1933. 512 p. [in Russian] (*Пашкевич В. В.* Сортоизучение и сортоводство плодовых деревьев. М.–Л., 1933. 512 с.).

Programme and methodology of researching the collection of fruit, berry, subtropical and nut crops, and grapes // Leningrad: VIR, 1970. 162 p. [in Russian] (Программа и методика изучения коллекции плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных культур и винограда. Л.: ВИР, 1970. 162 с.).

Ponomarenko V. V. A review of the species of the genus *Malus* Mill. // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1986. Vol. 106. P. 16–27 [in Russian] (*Пономаренко В. В.* Обзор видов рода *Malus* Mill. // Сб. научн. тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1986. Т. 106. С. 16–27.).

Pavlova N. M. Black currant. Moscow – Leningrad: Sel´khozgiz, 1955. 276 p. [in Russian] (*Павлова Н. М.* Черная смородина. М.–Л.: Сельхозгиз, 1955. 276 с.).

Plekhanova M. N. Actinidia, lemongrass, honeysuckle. Leningrad: Kolos, 1982. 112 p. [in Russian] (*Плеханова М. Н.* Актинидия, лимонник, жимолость. Л.: Колос, 1982. 112 с.).

Fruit and berry crops // St. Petersburg: “Russian Collection” 2008. 224 p. [in Russian] (Плодовые и ягодные культуры. СПб.: «Русская коллекция», 2008. 224 с.).

Rubtsov G. A. Pear. Leningrad, 1931. 414 p. [in Russian] (*Рубцов Г. А.* Груша. Л., 1931. 414 с.).

Tarasenko G. G. Apple. Moscow – Leningrad: Sel’khozgiz, 1941. – 176 p. [in Russian] (*Тарасенко Г. Г.* Яблоня. М.–Л.: Сельхозгиз, 1941. 176 с.).

Tuz A. S. Pyrus L. – Pear // In: Flora of cultivated plants. Vol. 14. Pome plants. Moscow: Kolos, 1983. P. 126–234 [in Russian] (*Туз А. С.* Pyrus L. – Груша // В кн.: Культурная флора СССР. Т. 14. Семечковые. М.: Колос, 1983. С. 126–234.).

Tsarenko V. P., Tsarenko N. A. Nanking cherry. Vladivostok: Dal´nauka, 2004. 159 p. [in Russian] (*Царенко В. П., Царенко Н. А.* Вишня войлочная. Владивосток: Дальнаука, 2004. 159 с.).

Yushev A. A. Some news concerning systematics of the genus Cerasus Mill. // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1990. Vol. 131. P. 56–63 [in Russian] (*Юшев А. А.* Новое в систематике рода Cerasus Mill. // Сб. научн. тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1990. Т. 131. С. 56–63).

Yushev A. A. Breeding achievements of VIR in fruit crops for 75 years // Catalogue of VIR’s global collection. St. Peterburg: VIR, 2000. 98 p. [in Russian] (*Юшев А. А.* Селекционные достижения ВИР по плодовым культурам за 75 лет // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 2000. 98 с.).

Yushev A. A., Eremina O. V. Sour cherry, sweet cherry. Moscow: Niola-press, 2007. - 224 p. [in Russian] (*Юшев А. А., Еремина О. В.* Вишня, черешня. М.: «Ниола-пресс», 2007. 224 с.).

Yushev A. A., Orlova S. Yu. Book about cherry // Chelyabinsk: NPO «Sad i ogorod», OAO «Chelyabinskij Dom pechati», 2013. 120 p. [in Russian] (*Юшев А. А., Орлова С. Ю.* Книга о вишне. Челябинск: НПО «Сад и огород», ОАО «Челябинский Дом печати», 2013. 120 с.).

УДК 630.114.25:630.114.521.5 DOI:10.30901/2227-8834-2015-4-381-390

ИВАН ИВАНОВИЧ ТУМАНОВ – ВЫДАЮЩИЙСЯ СПЕЦИАЛИСТ В ОБЛАСТИ ФИЗИОЛОГИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

И. А. Косарева
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
ул. Б. Морская, д. 42, 44, Санкт-Петербург, Россия, 190000
e-mail: irkos2004@yandex.ru

В 2014 г. научная общественность отмечала 120 лет со дня рождения одного из соратников Н. И. Вавилова, выдающегося специалиста в области физиологии устойчивости растений, члена-корреспондента АН СССР И. И. Туманова.

Родился Иван Иванович Туманов 18 (30) июня 1894 г. в селе Андреево Богородского уезда Московской губернии. В 1912 г. поступил в Киевский сельскохозяйственный институт, который из-за гражданской войны закончил лишь в 1923 г., получив диплом агронома. Начав свою научную деятельность в ВИР в 1925 г младшим научным сотрудником, затем работал заведующим секцией физиологии засухоустойчивости и зимостойкости. В 1934 г. И. И. Туманов стал руководителем отдела физиологии и селекции зимостойкости растений. С 1942 г. и до завершения научной деятельности И. И. Туманов заведовал созданной им лабораторией зимостойкости в институте физиологии растений (ИФР, Москва).

Область научных интересов И. И. Туманова – физиология устойчивости растений к абиотическим стрессорам, в частности, к засухе и неблагоприятным факторам перезимовки. Им разработаны теоретические основы устойчивости растений, а также оригинальные методы исследования генофонда. И. И. Туманов являлся разработчиком первого в стране фитотрона.

Полученные И. И. Тумановым научные результаты как теоретического, так и практического характера заложили основы для развития экологической физиологии растений, получили всемирное признание и оказали большое влияние на развитие отечественной и мировой биологической науки.

Работая в ВИР и ИФР, Иван Иванович воспитал много учеников-последователей. Он являлся членом ВАК, состоял в редколлегии журнала «Физиология растений». И. И. Туманов был награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, а также медалями «За оборону Ленинграда» и «За доблестный труд во время Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.».

Ключевые слова: И. И. Туманов, физиология устойчивости, теоретические основы, методы оценки, морозоустойчивость, зимостойкость.

IVAN IVANOVICH TUMANOV: A FAMOUS SPECIALIST IN THE PHYSIOLOGY OF ABIOTIC PLANT RESISTANCE

I. A. Kosareva
The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42-44, B.Morskaya Street, St. Petersburg, Russian Federation, 190000
e-mail: irkos2004@yandex.ru

In 2014, 120 years have passed since the birth of I. I. Tumanov, one of N. I. Vavilov's associates, a prominent expert in the field of plant resistance physiology, Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences.

Ivan Tumanov was born on 18 (30) June 1894, in the village of Andreyevo, Bogorodsky District, Moscow Province. In 1912, he entered Kiev Institute of Agriculture, but graduated with a degree in agronomy only in 1923 due to the civil war. With his scientific career started at VIR in 1925 as a junior researcher, he then worked as head of the section of physiology of drought resistance and winter hardiness. In 1934, I. I. Tumanov became head of the department of physiology and breeding of winter hardiness. Since 1942 and until the completion of his scientific activity I. I. Tumanov was in charge of the laboratory of winter hardiness that he founded at the Institute of Plant Physiology (IPP, Moscow).

I. I. Tumanov's research interests, first of all, included the physiology of plant resistance to abiotic stress factors, in particular to drought and unfavorable factors of wintering. He developed theoretical bases of plant resistance as well as original methods for studying genetic diversity. I. I. Tumanov was the developer of the first phytotron in the country.

Research results obtained by I. I. Tumanov, both theoretical and practical, laid the foundations for the development of ecological plant physiology, won worldwide recognition, and had a great influence on the development of national and global biological science.

While working at VIR and IPP, Ivan Tumanov trained many followers. He was a member of the Supreme Certification Commission and the editorial board of the journal *Plant Physiology*. I. I. Tumanov was awarded the Order of Lenin, the Order of the Red Banner of Labor and medals *For the Defense of Leningrad* and *For Valiant Labor in the Great Patriotic War 1941–1945*.

Key words: I. I. Tumanov, physiology of resistance, methods, frost resistance, winter hardiness.

В 2014 г. научная общественность отмечала 120 лет со дня рождения соратника Н. И. Вавилова, выдающегося ученого, члена-корреспондента АН СССР Ивана Ивановича Туманова (рис. 1). Научный вклад И. И. Туманова способствовал становлению и развитию

важнейшего направления биологической науки – физиологии устойчивости растений.

Родился Иван Иванович Туманов 18 (30) июня 1894 г. в селе Андреево Богородского уезда Московской губернии. Отец был из служащих, мать – домохозяйка. В 1912 г. И. И. Туманов поступил в Киевский сельскохозяйственный институт, который из-за гражданской войны закончил лишь в 1923 г., получив диплом агронома. Будучи в студенчестве на Ставропольской опытной станции, Иван Иванович, наблюдая негативное воздействие засухи на растения, осознал необходимость глубокого изучения этой проблемы, столь важной для сельскохозяйственного производства на юге страны.

Дипломную работу, посвященную проблеме засухоустойчивости, Иван Иванович Туманов выполнял под руководством Николая Александровича Максимова в отделе прикладной ботаники Главного ботанического сада РСФСР (г. Ленинград). Результаты первого научного исследования о развитии признака засухоустойчивости у растений были опубликованы И. И. Тумановым в журнале «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» (Tumanov, 1926).

Рис. 1. И. И. Туманов (1894–1985)
Fig. 1. I. I. Tumanov (1894–1985)

Во Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур его рекомендовал Н. А. Максимов, указывая на успехи молодого специалиста при проведении научных исследований. Опыт работы в сельском хозяйстве, знание иностранных языков, а, главное, неуклонное стремление познать глубинные процессы, обеспечивающие возможность противостоять абиотическим стрессорам, позволили И. И. Туманову добиться больших успехов в области физиологии устойчивости растений. Начав свою научную деятельность младшим научным сотрудником с 1925 г., затем – заведующим секцией физиологии засухоустойчивости и зимостойкости, в 1934 г. И. И. Туманов стал руководителем отдела физиологии и селекции зимостойкости растений и проработал в ВИР до 1942 г. (рис. 2, 3)

Рис. 2. Лаборатория физиологии ВИР, 1930-е годы.
Сидят: первый слева – Р. А. Максимов, в центре – И. И. Туманов
Fig. 2. VIR Laboratory of Physiology, 1930s. Sitting first on the left:
R. A. Maksimov, in the centre: I. I. Tumanov.

В 1929 г. И. И. Туманова приглашают на работу за границу. Около года он работал в Европе (Германия, Голландия, Дания), где организовал лабораторию по морозостойкости и проводил собственные исследования по проблемам закаливания растений при воздействии отрицательных температур.

Как было отмечено, в начале своей деятельности Иван Иванович Туманов занимался вопросами устойчивости растений к засухе. Важным практическим результатом этого периода явилась

разработка так называемого «метода завядания Туманова», широко известного и сейчас, основанного на оценке водоудерживающей способности растений при разных уровнях водообеспечения. Большая пропускная способность, воспроизводимость и надежность метода способствовали его широкому распространению при проведении исследований, связанных с диагностикой засухоустойчивости, как в нашей стране, так и за рубежом.

Рис. 3. Н. И. Вавилов, Д. Н. Прянишников и И. И. Туманов в Пушкинских лабораториях ВИР, 1930-е годы.
Fig. 3. N. I. Vavilov, D. N. Pryanishnikov and I. I. Tumanov at Pushkin Laboratories of VIR, 1930s.

В дальнейшем научные интересы И. И. Туманова были связаны с исследованиями в области низкотемпературной устойчивости различных сельскохозяйственных культур. Первая его работа по данной проблематике была опубликована в журнале «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» в 1929 году (Tumanov, 1929). В статье изложены результаты масштабного изучения морозостойкости озимых культур при использовании различных методологических подходов.

За выдающиеся достижения в области физиологии устойчивости растений в 1936 г. Ивану Ивановичу без защиты диссертации было

присвоена ученая степень доктора биологических наук, и его утвердили в ученом звании действительного члена научно-исследовательского учреждения по специальности «Растениеводство».

Под его руководством было проведено три Всесоюзных совещания по зимостойкости растений. В 1940 г. на Всесоюзной конференции по физиологии растений И. И. Туманов возглавлял секцию по устойчивости растений и участвовал во Всесоюзной сельскохозяйственной выставке.

На протяжении всей научной деятельности И. И. Туманов большое внимание уделял технической оснащенности научных коллективов. Так, благодаря усилиям И. И. Туманова, в Пушкинских лабораториях ВИР впервые в стране были установлены специальные холодильные камеры, что явилось мощным толчком к проведению как теоретических, так и прикладных исследований по низкотемпературной устойчивости в контролируемых условиях среды. Массовое изучение коллекционных образцов различных культур с использованием камер позволило впервые установить широкую межсортовую изменчивость по данному признаку, выявить высокую ценность отечественных сортов (в частности, озимой пшеницы) и установить области происхождения наиболее морозостойких среди них. Позднее, работая в Москве в институте физиологии растений (ИФР) АН СССР (профессор с 1947 г.), Иван Иванович разработал техническое задание и непосредственно руководил строительством первого в стране фитотрона, позволившего с 1957 г. проводить тонкие физиологические исследования по устойчивости растений к абиотическим стрессорам.

Результаты исследований в области низкотемпературной устойчивости И. И. Туманова были изложены в его известной монографии «Физиологические основы зимостойкости культурных растений» (Tumanov, 1940). В ней затронут широкий круг важнейших как теоретических, так и прикладных вопросов: обоснована проблема зимостойкости и ее составляющих; изложены механизмы морозоустойчивости в связи с ролью защитных веществ в закаливании, периоде покоя; указаны методы оценки генетического разнообразия растений по признакам низкотемпературной устойчивости. Этот труд, как и монография Н. А. Максимова «Физиологические основы засухоустойчивости растений» (Maksimov, 1952), удостоенная в 1930 г Ленинской премии, заложили основы для развития экологической физиологии растений, получили всемирное признание и оказали большое

влияние на развитие отечественной и мировой физиологии растений. Изложенные в них представления легли в основу разработанных впоследствии методов количественного учета степени повреждения растений стрессорами (метод повреждения протоплазмы по ее проницаемости и другие), что способствовало расширению масштабов и повышению надежности скрининга генетического разнообразия по признакам абиотической устойчивости (Udovenko, 1987).

И. И. Тумановым разработана теория закаливания озимых растений, определены фазы закаливания и выявлены условия для их прохождения (Tumanov, 1940). Согласно этой теории, закаливание растений связано с накоплением в них в осенне-зимний период сахаров, которые служат энергетическим материалом, защищающим протоплазму от вымерзания. По теории И. И. Туманова, накопление сахаров составляет первую фазу закаливания растений, которая протекает при низких положительных температурах. Накопление сахаров тесно связано с фотосинтезом и ростом: чем интенсивнее фотосинтез и чем меньше сахаров затрачивается на рост, тем большее их количество откладывается в запас. Вторая фаза закаливания протекает при небольших, но отрицательных температурах (от –2°C до –5°C). Во время процессов закаливания происходит формирование присущего сорту уровня морозостойкости. В этот период происходят обезвоживание протоплазмы клеток и распределение защитных соединений протопласта, осуществляются особо важные для растений изменения наружного слоя протоплазмы, которые предупреждают проникновение в клетку образовавшихся в межклетниках кристалликов льда. После обезвоживания в клетках во второй фазе закаливания при наличии защитных веществ на фоне низкой температуры происходят сложные биохимические процессы и превращения, которые делают протопласт весьма устойчивым к последующим сильным морозам. Кроме защитного действия сахаров в процессе закаливания, И. И. Туманов обращает внимание на роль ростовых веществ. Накопление в клетках стимуляторов роста уменьшает закаливание растений, а уменьшение их (инактивация, отток в другие органы) создает условия для повышения морозостойкости. Теория закаливания И. И. Туманова явилась важным этапом формирования экологической физиологии растений. Изложенные в ней представления, по мнению Г. В. Удовенко (Udovenko, 1987), легли в

основу проводимых в дальнейшем исследований в области морозо- и зимостойкости.

И. И. Туманов впервые разделил сложное свойство зимостойкости на ее составляющие (устойчивость к морозу, выпреванию, вымоканию, притертой ледяной корке), а также раскрыл физиологическую природу самих этих явлений. Устойчивость растений к выпреванию связана с изменением их биохимического состава (накоплением к зиме сахаров и других запасных веществ), экономным расходованием запасных веществ на дыхание и рост, со способностью противостоять патогенам. Устойчивость к выпиранию связана с физическими свойствами корневых систем (их мощностью и растяжимостью). Выпирание характерно на плотных, влажных почвах при повторном их замерзании и оттаивании. При осеннем застое воды ухудшается закаливание растений, в результате чего снижается их морозостойкость. Еще более губителен застой воды весной; ослабленные и повреждённые зимой растения отмирают при недостатке аэрации.

Важнейшим практическим результатом исследований И. И. Туманова в области устойчивости растений к низким отрицательным температурам явилась разработка метода оценки морозостойкости путем промораживания растений в холодильных камерах (Barashkova, 1994). Этот методологический подход широко используется физиологами и селекционерами и в настоящее время.

Н. И. Вавилов высоко ценил результаты исследований И. И. Туманова. Он указывал, что его работа «Физиологические основы зимостойкости культурных растений» является первой монографией по зимостойкости в мировой литературе, представляет, несомненно, ценный вклад в мировую сельскохозяйственную науку и служит руководством как для дальнейших исследований, так и для практической работы. (Barashkova, 1994).

С 1942 г. И. И. Туманов заведовал лабораторией зимостойкости в ИФР, для создания которой он был приглашен академиком А. Н. Бахом.

В годы войны, находясь в эвакуации в Киргизии, И. И. Туманов сосредоточил свои научные интересы на плодовых культурах. На Киргизской плодоовощной опытной станции он изучал особенности их закаливания и перезимовки, влияние плодонагрузки на рост и продуктивность, роль ростовых веществ. Было установлено значение оттока веществ по коре вниз для развития процессов закаливания и

перезимовки растений. Этим вопросам посвящены публикации И. И. Туманова в послевоенные годы. Кроме того, им были написаны обзорные статьи о причинах гибели в зимний период и фотопериодических реакциях растений (Barashkova, 1994).

В 1953 г. И. И. Туманов был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В 1979 г. вышла в свет монография И. И. Туманова «Физиология закаливания и морозостойкости растений», где изложены результаты 50-летней научной деятельности автора. Она была удостоена Тимирязевской премии Президиума АН СССР. В монографии (Tumanov, 1979) обсуждаются вопросы закаливания растений в связи с покоем как необходимым условием возникновения способности к закаливанию, показаны возможности повышения морозостойкости растений приемами регулирования ростовых процессов, обсуждается роль перестройки в обмене веществ и структурных элементов клеток озимых культур во время закаливания. Свойство морозостойкости охарактеризовано как особое проявление жизни в условиях сильного обезвоживания и резкого ослабления обмена веществ.

Полученные И. И. Тумановым научные результаты как теоретического, так и практического характера в дальнейшем получили мощное развитие в исследованиях специалистов в области низкотемпературной устойчивости растений.

Работая в ВИР и ИФР, И. И. Туманов воспитал много учеников-последователей. Успешно функционирует созданная им в ИФР лаборатория зимостойкости. Основное направление работы лаборатории – исследование механизмов адаптации и устойчивости растений к низкотемпературному стрессу.

И. И. Туманов являлся членом ВАК, состоял в редколлегии журнала «Физиология растений». Он награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени и медалями «За оборону Ленинграда», «За доблестный труд во время Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.»

Умер Иван Иванович Туманов в 1985 г.

References/Литература

Maksimov N. A. Selected works on drought resistance and winter hardiness of plants. Vol. 1, 2. Moscow, 1952. [in Russian] (*Максимов Н. А.* Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. Т. 1, 2. М., 1952).

Barashkova E. A. Ivan Ivanovich Tumanov // In: Nikolai Ivanovich Vavilov's Associates. Researchers of plant genetic diversity. St. Petersburg: VIR, 1994. P. 540–546 [in Russian] (*Барашкова Э. А.* Иван Иванович Туманов // В кн.: Соратники Николая Ивановича Вавилова. Исследователи генофонда растений. СПб.: ВИР, 1994. С. 540–546).

Tumanov I. I. Inadequate water supply and wilting of plants as a means of increasing their drought resistance // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1926. Vol. 16. Iss. 4. P. 292–399 [in Russian] (*Туманов И. И.* Недостаточное водоснабжение и завядание растений как средство повышения его засухоустойчивости // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1926. Т. 16. Вып. 4. С. 292–399).

Tumanov I. I. Wilting and drought resistance // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1929. Vol. 22. Iss. 1. P. 107–143 [in Russian] (*Туманов И. И.* Завядание и засухоустойчивость // Тр.по прикл бот., ген и сел. 1929. Т. 22. Вып. 1. С. 107–143).

Tumanov I. I. Physiological bases of crop winter hardiness. Leningrad: Selkhozgiz. 1940. 357 p. [in Russian] (*Туманов И. И.* Физиологические основы зимостойкости растений культурных растений. Л.: Сельхозгиз. 1940. 357 с.).

Tumanov I. I. Physiology of tempering and frost resistance. Moscow: Nauka, 1979. 350 p. [in Russian] (*Туманов И. И.* Физиология закаливания и морозостойкости. М.: Наука, 1979. 350 с.).

Udovenko G. V. The role of N. I. Vavilov in the investigations on plant resistance physiology at VIR // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1987. Vol. 100. P. 203–215 [in Russian] (*Удовенко Г. В.* Роль Н. И. Вавилова в исследованиях по физиологии устойчивости растений в ВИРе // Сб. научн. тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1987. Т. 100. С. 203–215).

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

УДК 551.583: 631.524.02 DOI:10.30901/2227-8834-2015-4-391-401

КАЧЕСТВО УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РФ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Л. Ю. Новикова[1], С. Н. Травина[2], Т. Э. Жигадло[2], Л. Г. Наумова[3], Е. В. Зуев[1]

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

[2] Филиал Полярная опытная станция Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Мурманская область, г. Апатиты, Россия

[3] Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко, Новочеркасск, Россия

Актуальность. Показатели качества урожая, такие как крахмалистость картофеля, содержание белка в зерне пшеницы, сахаристость и кислотность ягод винограда, зависят от соотношения тепла и осадков в период формирования урожая. С 70-х годов XX века в России наблюдается рост температур, сопровождающийся в ряде регионов ростом осадков, что делает актуальным прогноз динамики показателей качества. **Объект.** Рассмотрена динамика содержания крахмала в клубнях картофеля сорта ‘Хибинский ранний’ в условиях Полярной опытной станции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) в 1968–2013 гг.; сахаристости и кислотности 23 сортов винограда коллекции Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко (г. Новочеркасск) в 1980–2012 гг.; коллекции яровой пшеницы на четырех опытных станциях ВИР (расположенных в Ленинградской, Московской, Тамбовской областях, Краснодарском крае) в 1963–1993 гг. **Материалы и методы.** Методом регрессионного анализа выделены тренды показателей качества и выявлены определяющие динамику климатические факторы. **Результаты и выводы.** Показан рост температур и осадков во всех изученных пунктах, кроме г. Новочеркасска Ростовской области, где наблюдалось снижение количества осадков. Содержание крахмала в клубнях картофеля и сахаристость ягод винограда имели положительную тенденцию

динамики с 90-х годов. Выявлена прямая зависимость этих показателей от сумм температур выше 15°С и обратная – от сумм осадков за этот период. Кислотность ягод винограда снижалась в 90-х годах, что связано с ростом температур и снижением осадков в условиях Ростовской области. Содержание белка в зерне яровой пшеницы в 60–90-х годах XX века было обратно пропорционально количеству осадков за период с температурами выше 15°С. В Пушкинских лабораториях ВИР, самой северной из исследованных станций, содержание белка также положительно коррелировало с суммами температур выше 15°С. При дальнейшем росте температур прогнозируется увеличение крахмалистости картофеля, сахаристости ягод винограда и содержания белка в зерне пшеницы.

Ключевые слова: изменения климата, качество урожая, картофель, виноград, пшеница.

QUALITY OF CROP YIELD IN THE EUROPEAN TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION UNDER THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

L. Yu. Novikova[1], S. N. Travina[2], T. E. Zhigadlo[2], L. G. Naumova[3], E. V. Zuev[1]

[1] The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42-44, B.Morskaya Street, St. Petersburg, Russian Federation, 190000
e-mail: l.novikova@vir.nw.ru
[2] The N. I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources, Polar Experiment Station
[3] Research Institute of Viticulture and Winemaking
named after Ya. I. Potapenko Novocherkassk, Russia

Background. Yield quality parameters, such as starchiness in potato, grain protein content in wheat, sugar and acid content in grapes, depend on the ratio of heat and precepitation during formation of the yield. Since the 1970s the temperatures in Russia have been rising, which is accompanied by increased rainfall in some regions. Such changes raise the importance of forecasting the dynamics of quality parameters. **Objective.** Dynamics was analyzed in such crop characters as starch content in ‘Khibinskiy Ranniy’ potato variety under the conditions of Polar Experiment Station of VIR in 1968–2013; sugar content and acidity in 23 varieties of grapes from the collection of the Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya. I. Potapenko (Novocherkassk) in 1980–2012; protein content in the spring wheat collection at four VIR’s stations (located in Leningrad, Moscow, Tambov Provinces, and Krasnodar Territory) in 1963–1993. **Materials and methods.** The method of

regression analysis was used to identify the trends and parameters of quality. Climatic factors essential for quality characteristics were revealed. **Results and conclusion.** The growth of temperatures and precipitation was shown for all studied sites, except Novocherkassk, Rostov Province, where decrease in precipitation was observed. The starchiness of potatoes and sugar content of grapes had a positive tendency of dynamics from the 1990s. Direct dependence of these characteristics on the sums of temperatures above 15°C and the inverse dependence on the sums of precipitation for this period were revealed. Acidity of grape berries has been decreasing since the 1990s, which is linked with the growth of temperatures and decrease in rainfall in the environments of Rostov Province. Protein content in grain of spring wheat in the 1960-90s was in inverse proportion to the sum of precipitation during the period with temperatures above 15°C. In Pushkin Laboratories, the most northern of the studied stations, protein content positively correlated with the sums of temperatures above 15°C. With a further growth of temperatures, an increase in potato starchiness, sugar content in grapes and wheat grain protein content is predicted.

Key words: climate change, quality of yield, potato, grapes, wheat.

Введение

Наблюдающиеся с 70-х годов XX века изменения климата в ряде регионов России заключаются в повышении температур, сопровождающемся увеличением количества осадков. Качество урожая культурных растений значительно колеблется от года к году в зависимости от условий тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода (Azzi, 1959; Mishchenko, 2009). В связи с этим представляет интерес оценка современных трендов показателей качества урожая сельскохозяйственных культур и сортов, особенно в условиях северных границ зон возделывания культур.

Из литературных источников известно, что крахмалистость картофеля повышается при продвижении с севера на юг (с 67°с. ш. до 50°с. ш.) в среднем на 0,5% на каждый градус широты, снижается на длинном дне, при обильном увлажнении и при недостатке влаги; ее снижают азотистые и хлорсодержащие удобрения, песчаные и болотные почвы, фитофтора (Bukasov, Kameraz, 1948). На Европейской территории России крахмалистость уменьшается с увеличением количества осадков в период клубнеобразования, возрастает с ростом суточной амплитуды воздуха за период всходы-бутонизация, продолжительности периодов бутонизация, цветение-конец вегетации. Наибольшая крахмалистость достигается при сухой солнечной осени (Polevoj, 1977; Mishchenko, 2009).

Содержание белка в зерне яровой пшеницы возрастает на территории бывшего СССР с северо-запада на юг и юго-восток с 8–10 до 18–20%, а в отдельные годы до 20–26%. (Mishchenko, 2009). Сухая и ясная погода, часто оказывающая отрицательное действие на величину урожая, способствует улучшению его качества (Azzi, 1959; Mishchenko, 2009). Процентное содержание белка в зерне яровой пшеницы, по различным литературным источникам, возрастает с увеличением средней суточной температуры воздуха за период от колошения до восковой спелости, сумм средних суточных температур выше 5°С за три месяца вегетационного периода, амплитуды суточных температур, среднего дефицита влажности воздуха; с уменьшением гидротермического коэффициента (ГТК), запасов влаги в метровом слое почвы на начало вегетации весной (Mishchenko, 2009).

Показателем качества урожая винограда является сбалансированное сочетание сахаристости и кислотности в ягодах винограда. На накопление этих веществ в ягодах влияют многие факторы, важнейшие из них – биологические особенности сорта, агрометеорологические условия выращивания винограда, экологические факторы среды и уровень агротехники. Обильные осадки способствуют увеличению урожая и снижению содержания сахара (Azzi, 1959). Для накопления сахаров оптимальной является температура воздуха 28–32°С (Lyannoy et al., 2004). В условиях Грузии Т. И. Турманидзе (Turmanidze, 1981) определил, что сахаристость ягод винограда увеличивается прямо пропорциональна сумме средних суточных температур воздуха за период от даты начала созревания ягод, средней суточной амплитуде температуры воздуха за период созревания и обратно пропорциональна числу дней с осадками более 1 мм. Д. И. Фурса (Fursa, 1976) для условий Крыма показала положительное влияние на содержание сахаров суммы прямой солнечной радиации за период начало созревания ягод-промышленная зрелость, суммы амплитуд температур воздуха за этот период, и отрицательное – средних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы. Исследования, проведенные З. А. Мищенко (Mishchenko, 2009), доказали, что кислотность ягод винограда возрастает с уменьшением суммы температуры воздуха за август – сентябрь, при ослаблении прихода прямой солнечной радиации.

Таким образом, крахмалистость картофеля, содержание белка в зерне пшеницы, содержание сахара в ягодах винограда, по литературным данным, увеличиваются с ростом температур в период формирования урожая и уменьшаются с ростом осадков. В нашем исследовании были

изучены тенденции динамики показателей качества и климатические факторы, способствующие их изменчивости в современных условиях.

Материалы и методы

В работе анализируются результаты исследований картофеля сорта ‘Хибинский ранний’ в условиях Полярной опытной станции ВИР в 1968–2013 гг.; 23 сорта винограда коллекции Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия (ВНИИВиВ) им. Я. И. Потапенко за период 1980–2012 гг.; коллекции яровых пшениц в 1963–1993 гг. в четырех пунктах – на полях Пушкинских лабораторий ВИР, в бывшем Московском отделении ВИР (МОВИР), на Екатерининской (ЕОС) и Кубанской опытных станциях (КОС) ВИР. Для каждого пункта и каждого года рассчитано и исследуется среднее значение содержания белка в образцах коллекции. Использованы данные о среднесуточных температурах и суммах осадков ближайших метеостанций.

Методом регрессионного анализа выделены устойчивые тенденции (тренды) в динамике показателей качества. Методом регрессионного анализа, в том числе в разностях (Eliseeva, 2007), выявлены климатические факторы, влияющие на изменчивость показателей качества. Использована множественная линейная пошаговая регрессия с включением переменных. Исследованы предикторы: среднемесячные среднесуточные температуры, ежемесячные суммы осадков, характеристики периодов устойчивого перехода температур через 5, 10, 15, 20 градусов Цельсия; суммы осадков и температур за период вегетации и межфазные периоды. В исследовании принят 5% уровень значимости.

Результаты

Изменения агроклиматических характеристик

В процессе исследования было выяснено, что тенденции динамики показателей качества изменились в 90-е годы XX века. Поэтому в таблице представлены оценки тенденций изменений климатических факторов, оказавшихся важными для изменчивости хозяйственно-ценных признаков в анализируемых географических пунктах с 1990 г. (Novikova et al., 2013).

Таблица. Скорости изменения характеристик периода с температурами выше 15ºС с 1990 г., ед./год*
Table. Rates of change in the characteristics during the period with temperatures above 15°C from 1990, units/year*

Место изучения	Сумма активных температур, ºС	Осадки, мм	$ГТК_{15}$
Полярная ОС ВИР, Мурманская обл.	8,62	2,33	–0,014
Пушкинские лаб. ВИР, г. Санкт-Петербург	**22,28**	**5,75**	0,020
МОВИР, Московская обл.	**34,86**	1,40	–0,019
ЕОС ВИР, Тамбовская обл.	**36,33**	**6,75**	0,009
КОС ВИР, Краснодарский край	**25,17**	2,21	0,001
ВНИИВиВ, г. Новочеркасск	**26,23**	–0,65	–0,023

*****Подчеркнуты значимые тренды.

Во всех исследованных пунктах начиная с 90-х годов наблюдался рост летних температур, особенно июля – августа, а также сумм температур за периоды устойчивого перехода температур через 5, 10, 15°С, а в условиях г. Новочеркасска и КОС ВИР и через 20°С. Осадки лета увеличивались во всех исследованных пунктах, кроме ВНИИВиВ, достоверно в условиях Екатерининской ОС и Пушкинских лабораторий ВИР. В итоге отношение количества осадков к суммам температур менялось слабо, что отражено в слабых тенденциях динамики ГТК (гидротермический коэффициент, равен отношению суммы осадков за определенный период к сумме температур за этот период, уменьшенной в 10 раз).

Анализ динамики показателей качества урожая

Содержание крахмала в картофеле. Содержание крахмала в клубнях картофеля сорта ‘Хибинский ранний’ на Полярной ОС ВИР в 1968–2013 гг. имело минимум в 90-е годы (Рис. 1а, б), темпы его роста с

1990 по 2013 гг. составили 0,06% в год при среднемноголетнем значении 11,3%. Содержание крахмала увеличивалось с ростом сумм активных температур выше 15°С (r = 0,42), а также при более ранней бутонизации (r = –0,40) и уменьшалось с увеличением количества осадков в августе (r = –0,30), где r – коэффициент корреляции этих признаков.

Была построена регрессионная модель содержания крахмала от агрометеорологических факторов. Качество модели улучшилось при переходе к первым разностям, то есть возможно влияние на содержание крахмала неклиматических трендов. Уравнение регрессии показывает зависимость приростов содержания крахмала ($\Delta C_к$) от приростов суммы активных температур ($\Delta\Sigma T_{акт15}$) и сумм осадков за период с температурами выше 15°С (ΔP_{15}):

$$\Delta C = 0{,}031 + 0{,}003\Delta\Sigma T_{акт15} - 0{,}003\Delta P_{15} \qquad R = 0{,}52$$

(R – коэффициент множественной корреляции).

При сохранении тенденции роста температур в условиях Полярной станции, рассчитанных в таблице, можно ожидать дальнейшего улучшения крахмалистости картофеля со скоростью 0,02%/год.

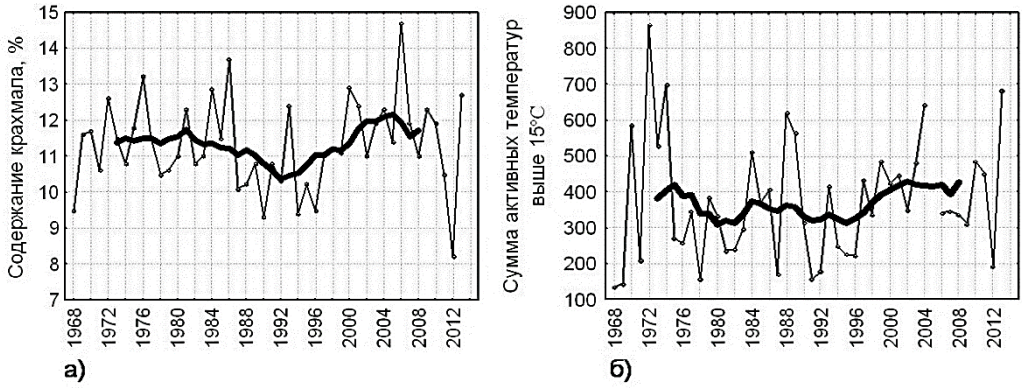


Рис. 1. Динамика: а) содержания крахмала в картофеле сорта Хибинский ранний и б) сумм активных температур выше 15°С на Полярной опытной станции ВИР, 1968–2013 гг. Жирная линия – 11-летнее скользящее среднее.

Fig. 1. Dynamics of: a) starch content in potato var. Khibinskiy Ranniy and б) the sum of active temperatures above 15°C at the Polar Experimental Station of VIR, 1968–2013. Bold line: 11-year moving average

Содержание белка в яровой пшенице. Регрессионный анализ показал, что в 1968–1993 гг. содержание белка в зерне «среднего образца» ($С_п$) в трех из четырех исследованных географических пунктов в основном зависело от осадков за период с температурами выше 15°С ($Р_{15}$). В Пушкинских лабораториях ВИР – самом северном из исследованных пунктов – содержание белка зависело от гидротермического коэффициента за период с температурами выше 15°С ($ГТК_{15}$):

Пушкинские лаборатории ВИР: $С_п = 18,72-2,16ГТК_{15}$ R = 0,69

МОВИР: $С_п = 20,07-0,019Р_{15}$ R = 0,88

ЕОС ВИР: $С_п = 18,98-0,014Р_{15}$ R = 0,44

КОС ВИР: $С_п = 19,08-3,84Р_{15}$ R = 0,69

Средние многолетние значения содержания белка в исследованных пунктах различались как из-за разницы в климатических условиях, так и из-за разных периодов исследования, но регрессионные зависимости имели сходные спецификации. Это позволило предложить объединенную модель всех пунктов исследования для описания реакции содержания белка на изменения погодных условий. Объединенное для четырех станций уравнение зависимости изменения содержания белка ($\Delta С_п$) от изменения осадков ($Р_{15}$) и суммы температур за период устойчивого перехода выше 15°С ($Т_{15}$):

$$\Delta С_п = 0,172 – 0,015\Delta Р_{15} + 0.001\Delta Т_{15} \qquad R = 0,58$$

Полученные уравнения выявили решающую роль условий периода с температурами выше 15°С для формирования качества урожая пшеницы. Тенденции изменения содержания белка не анализировались, так как в годы исследований коллекции (1968–1993 гг.) тенденции тепло-влагообеспеченности отличались от наблюдаемых в настоящий момент. При дальнейшем росте температур прогнозируется снижение количества осадков (Gordeev, 2008), что должно привести к росту содержания белка в зерне. Однако пространственное распределение осадков пока отличается от прогнозируемого в сторону увеличения (Mishchenko, 2009).

*Сахаристость и кислотность винограда***.** Погодно-климатическая зависимость показателей качества 23 сортов винограда была исследована нами ранее (Novikova, Naumova, 2013).

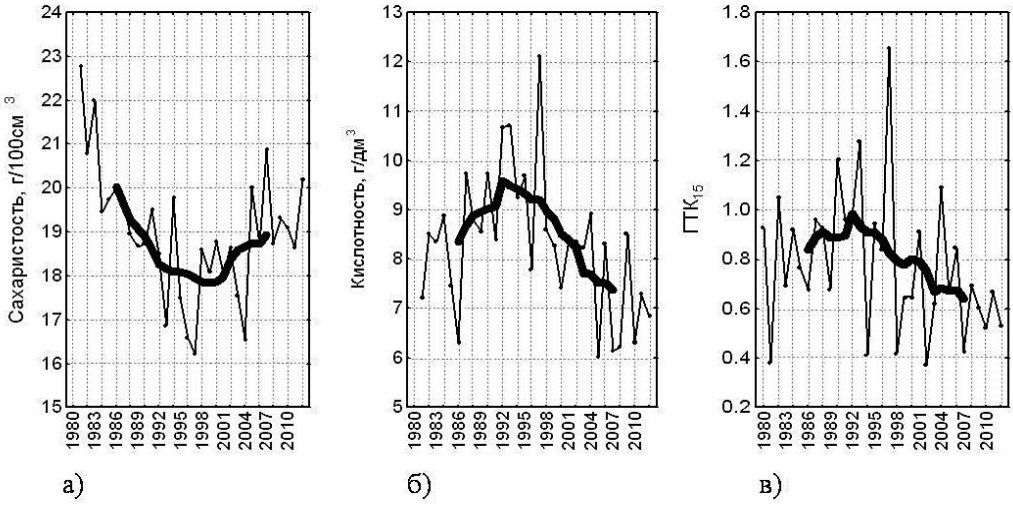


Рис. 2. Динамика: а) сахаристости, б) кислотности «среднего образца» винограда коллекции Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко; в) ГТК$_{15}$, 1980–2012 гг., Ростовская обл.
Жирная линия – 11-летнее скользящее среднее.
Fig. 2. Dynamics of: a) sugar content and б) acidity in an “mean sample” of grapes from the collection of the All-Russian Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya. Potapenko; в) HTC$_{15}$, 1980–2012, Rostov Province region.
Bold line: 11-year moving average.

В 1980–2012 гг. сахаристость и кислотность ягод исследованных сортов винограда, имели нелинейную динамику: минимальные значения сахаристости наблюдались в 90-х годах, а кислотность в этот же период была максимальной. Динамика исследуемых признаков для разных сортов имела сходный характер, что позволило анализировать общие закономерности формирования этих признаков у «среднего сорта», то есть усредненные за год по всем сортам значения. Динамика сахаристости и кислотности ягод «среднего образца» приведены на рисунках 2а и 2б. С 1990 г. скорость изменения сахаристости «среднего сорта» составила 0,06 г/100 см^3/год, кислотности – 0,16 г/дм^3/год. Корреляция кислотности и сахаристости каждого сорта за годы исследований была отрицательна и в среднем по сортам составила – 0,42. Анализ корреляционных связей сахаристости и кислотности сортов с погодно-климатическими факторами показал, что сахаристость растет, а

кислотность падает с ростом температур воздуха и уменьшением осадков за периоды с температурами выше 10, 15, 20°С. Наиболее сильно сахаристость и кислотность изученных сортов зависели от $ГТК_{15}$ (Рис. 2в)

Для «среднего образца» за все годы наблюдений были получены следующие уравнения зависимости сахаристости ($С_в$) и кислотности ($К_в$) от $ГТК_{15}$:

$$С_в = 21{,}056 – 2{,}657ГТК_{15} \qquad R = 0{,}52$$

$$К_в = 5{,}575 + 3{,}501ГТК_{15} \qquad R = 0{,}71$$

Уравнения для скоростей изменения сахаристости ($ΔС_в$) и кислотности ($ΔК_в$) точнее описывают климатические зависимости этих признаков:

$$ΔС_в = –0{,}071 – 2{,}599ΔГТК_{15} \qquad R = 0{,}76$$

$$ΔК_в = –0{,}026 + 2{,}871ΔГТК_{15} \qquad R = 0{,}71$$

Исследование в разностях позволило улучшить уравнение для сахаристости «среднего сорта». Коэффициент корреляции сахаристости и $ГТК_{15}$ в разностях повышается с 0,52 до 0,76, что, возможно, вызвано влиянием неклиматического фактора на сахаристость. С ростом температур и уменьшением осадков можно ожидать дальнейшего роста сахаристости и уменьшения кислотности ягод винограда.

Выводы

Таким образом, для культур винограда и картофеля, выращиваемых в условиях северных границ ареала их возделывания при недостаточном теплообеспечении, важнейшим фактором изменений климата оказался рост температур. Наблюдающееся потепление положительно сказывается на качестве урожая этих культур.

References/Литература

Azzi G. Agricultural ecology. Moscow: Izdatelstvo inostrannoy literatury, 1959. 479 p. [in Russian] (Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология. М.: Издательство иностранной литературы, 1959. 479 с.).

Bukasov S. M., Kameraz A. Ya. Potato breeding. Moscow – Leningrad: OGIZ-Selkhozgiz, 1948, 359 p. [in Russian] (*Букасов С. М., Камераз А. Я.* Селекция картофеля. М.–Л.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. 359 с.).

Eliseeva I. I., Kurysheva S. V., Kosteeva T. V. et all. Econometrics. Moscow: Finansy i statistika, 2007. 576 p. [in Russian] (*Елисеева И.И., Курышева С.В., Костеева Т. В.* и др.; Эконометрика. М.: Финансы и статистика, 2007. 576 с.).

Fursa D. I. Weather, irrigation and productivity of grapes. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976. 372 p. [in Russian] (*Фурса Д. И.* Погода, орошение и продуктивность винограда. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 372 с.).

Gordeev A. V. et all. Bioclimatic capacity of Russia: adaptation measures in the conditions of the changing climate. Moscow, 2008. 207 p. [in Russian] (*Гордеев А. В.* и др. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата. М., 2008. 207 с.).

Lyannoy A. D., *Kravchenko L. V.*, *Kostrikin I. A.* et all. Resistant grape varieties and ecological conditions of their placement. Rostov-on-Don, 2004. 91 p. [in Russian] (*Лянной А. Д.*, *Кравченко Л. В.*, *Кострикин И. А.* и др. Устойчивые сорта винограда и экологические условия их размещения. Ростов-на-Дону, 2004. 91 с.).

Mishchenko Z. A. Agroclimatology. Kiev: KNT, 2009. 512 p. [in Russian] (*Мищенко З. А.* Агроклиматология. Киев: КНТ, 2009. 512 с.).

Novikova L. Yu., *Dyubin V. N.*, *Loskutov I. G.* et all. The analysis of dynamics in economically valuable characters of crop varieties under the conditions of climate change // Proceedings on applied botany, genetics and plant breeding. 2013. Vol. 173. P. 102–119 [in Russian] (*Новикова* Л. Ю., *Дюбин* В. Н., *Лоскутов И. Г.* и др. Анализ динамики хозяйственно ценных признаков сортов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2013. Т. 173. С. 102–119).

Novikova L. Yu., *Naumova L. G.* Trends of changes in sugar content and acidity of grape varieties from the collection of the All-Russian Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko // Winemaking and Viticulture. 2013. N 6. P. 54–57 [in Russian] (*Новикова Л.Ю.*, *Наумова Л.Г.* Тенденции изменений сахаристости и кислотности сортов винограда коллекции ВНИИВиВ им. Я. И. Потапенко // Виноделие и виноградарство. 2013. № 6. С. 54–57.).

Polevoy A. N. Agricultural meteorology. SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. 424 p. [in Russian] (*Полевой А. Н.* Сельскохозяйственная метеорология. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 424 с.).

Turmanidze T. I. Climate and grape yield. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1981. 223 p. [in Russian] (*Турманидзе Т. И.* Климат и урожай винограда. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 223 с.).

УДК 57.045; 633.11; 633.16 DOI:10.30901/2227-8834-2015-4-402-415

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ НА ГЕТЕРОГЕННОСТЬ СОРТОВОЙ ПОПУЛЯЦИИ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ

Л. В. Осипова, И. А. Быковская
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д. Н. Прянишникова, Москва, Россия,
e-mail: legos4@yandex.ru

Актуальность. Глобальное изменение климата повышает необходимость физиологических исследований по изучению адаптивного потенциала сортов культурных растений. Внутрисортовые различия, как правило, не учитываются, что снижает объективность оценки устойчивости сортов и показателей его жизнеспособности в онтогенезе. В связи с этим изучали действие нарастающей почвенной засухи на реакцию сортовых популяций, разделенных на биотипы по скорости роста на первых этапах органогенеза. **Объект.** Сорта ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) ‘Нур’ и ‘Зазерский 85’ и яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта ‘Родина’ выращивали в лабораторных и вегетационных опытах. **Материалы и методы.** На первых этапах прорастания семян формировали биотипы с высокой – «А» – и замедленной – «Б» – скоростью роста. Выделенные биотипы в сортах ярового ячменя проращивали на растворе сахарозы с осмотическим давлением 7 атм. Проростки пшеницы выращивали в почвенной культуре до созревания на двух фонах азотного питания. На VI этапе органогенеза в опытных вариантах полив прекращали до наступления влажности устойчивого завядания (ВУЗ) растений – *засуха I*. Для усиления стрессовой нагрузки продолжительность засухи увеличивали на 5 суток – *засуха II*. До и перед окончанием стресса определяли сырую и сухую массу второго сверху листа, его оводненность, проницаемость мембран для электролитов и жизнеспособность конуса нарастания. **Результаты и выводы.** В оптимальных условиях выращивания различия между биотипами сохранялись до конца ювенильного периода, затем нивелировались и проявлялись при закладке зачаточного колоса. При действии водного стресса проявлялась гетерогенность сортовой популяции, обусловленная наличием у сортов биотипов, неравноценных по реакциям на неблагоприятный фактор. Растения в биотипах различались по содержанию воды в листе, проницаемости мембран для электролитов и жизнеспособности конуса нарастания. Жизнеспособность растений в биотипах зависела от продолжительности стресса и уровня питания азотом. После окончания слабой *засухи I* у всех растений в биотипе «А» физиологические показатели были хуже, чем в биотипе «Б». В дальнейшем процессе роста и развития растений у части растений в биотипе «А» конус нарастания потерял жизнеспособность и растения погибли, у остальных конус

нарастания также погиб, но из спящей почки второго узла сформировался побег замещения, давший полноценный колос. В биотипе «Б» после *засухи I* все растения сохранили жизнеспособность и образовали полноценные зерновки. Засуха, продолжавшаяся после наступления влажности устойчивого завядания растений, резко снизила жизнеспособность растений в биотипе «А», что привело к практически полной потере продуктивности. У растений в биотипе «Б» уменьшилась реализация заложившихся на VI этапе цветковых зачатков в зерновки, что наряду с потерей жизнеспособности отдельных растений снизило урожай зерна. Увеличение обеспеченности растений азотным питанием снижало жизнеспособность и продуктивность растений при обеих изучаемых засухах. Почвенная засуха, действующая в критический период онтогенеза при закладке элементов генеративной сферы на апексе главного побега, в большей степени повреждает интенсивно растущие в ювенильный период растения – биотип «А». Продуктивность сорта формируется за счет растений второго биотипа – «Б». Наблюдаемые различия являются проявлением адаптивной стратегии сорта, направленной на сохранение вида при стрессовых воздействиях.

Ключевые слова: пшеница, ячмень, сортовые популяции, засуха.

THE EFFECT OF SOIL DROUGHT ON HETEROGENEITY OF THE VARIETAL POPULATION OF WHEAT AND BARLEY

L. V. Osipova, I. A. Bykovskaya
D. N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry,
Moscow, Russian Federation, e-mail: legos4@yandex.ru

Background. The global climate change and increasing aridity raise the need for physiological studies on the adaptive potential of varieties of cultivated plants. Intravarietal differences are usually not taken into account, which reduces the objectivity of the assessment of sustainability of a variety and its vitability in ontogeny. With this in view, we studied the effect of soil drought on the response of individual plants divided into biotypes according to their growth rate at the early stages of organogenesis. **Objective:** Varieties of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) were grown in the laboratory and pot experiments. **Materials and methods.** At the early stages of seed germination biotypes with high –“A” and slow –“B” growth rate were formed. Selected biotypes in spring barley varieties were germinated on the sucrose solution. The wheat seedlings were grown in soil culture until maturity on two nitrogen nutrition backgrounds. At the VI stage of organogenesis during the laying of flowers on the cone of growth of the main shoot watering was stopped before the onset of the humidity of sustainable wilting (*drought I*). To enhance stress drought duration was increased to 5 days (*drought II*). Before and after the end of stress was determined by wet and dry weight

of leaf, its water content, membrane permeability to electrolytes and viability of the growth cone**. Results and conclusions.** Under optimum growing conditions the differences between biotypes remained until the end of the juvenile period, then they were leveled and manifested during the laying of the embryonic ear on the main shoot. Under the action of water stress, varietal heterogeneity of the population was manifested, associated with the presence of biotypes with unequal reactions to adverse factors. The plants in the biotypes differed in water content in the leaf, membrane permeability to electrolytes and viability on the growth cone. The vitality of the plants in biotypes depended on the duration of stress and the level of nitrogen nutrition after mild *drought I*. For all plants in the biotype "A", physiological indicators were worse than in the biotype "B". In the further process of growth and development of plants from plant parts in the biotype "A" apex of increasing plants died, the other part of the apex was killed, but at the second internode dormant buds formed the replacement shoot that gave grain yield. In biotype "B" after *drought I* all plants maintained their viability and formed full grains. During prolonged *drought II*, viability decreased, which led to a complete loss of productivity. The plants at the VI stage of floral primordia in grains, along with the destruction of individual plants, have reduced the productivity of wheat. Increasing the supply of plant nitrogen nutrition reduced viability and productivity in all variants. Soil drought in the current critical period of ontogenesis, when the generative elements of the sphere are formed at the apex of the main shoot, to a greater extent damages the plants which are actively growing in the juvenile period (biotype "A"). The productivity of varieties is formed by the plants of the second biotype. The observed differences are a manifestation of an adaptive strategy of varieties aimed at preserving the species under stress conditions.

Key words: wheat, barley, high-quality populations, drought.

Введение

Одним из направлений в изучении адаптационной стратегии растений при действии абиотических стрессовых воздействий является изучение физиологической структуры сортовых популяций.

Многообразие реализации морфогенеза у растений одного сорта приводит к формированию в нем морфологических типов, различающихся по габитусу и темпам роста (Morozova, 2002). В исследованиях Н. Б. Прохоренко (Prokhorenko, 2008), выявлена гетерогенность яровой пшеницы по высоте, площади ассимиляционной поверхности, числу колосков и зерен. По мнению автора, наличие растений, различающихся по морфологическим параметрам, позволяет популяции полнее использовать природные ресурсы и быть более продуктивными в изменяющихся природных условиях.

Видимая неоднородность сортовой популяции в оптимальных условиях произрастания зависит от биологических особенностей каждой зерновки и конкретных микроусловий произрастания. Внутрисортовая изменчивость может быть причиной колебания урожая по годам из-за сдвига биотипического состава под влиянием погодных условий, так как сорта состоят из биотипов, неравноценных по продуктивности (Akulinichev, 1992); Suvorov, Mal'ceva, 1996).

На морфологические различия биотипов пшеницы, составляющих сорт, указывается также в ряде работ (Absattarova, 1999; Eremenko, 2002; Bajmagambetovoj, 2007; Ajtymbetovoj, 2008).

Наряду с видимой неоднородностью сорта, обеспечивающей более высокую пластичность, наблюдается скрытая гетерогенность, которая проявляется при экстремальных воздействиях в критические периоды онтогенеза. По мнению Т. Н. Шманаевой (Shmanaeva, 1987) и И. М. Молчана (Molchan, 1987), сортовая популяция является саморегулирующейся полиморфной системой, неоднородность которой проявляется в неблагоприятных условиях выращивания.

Разложение сортовых популяций на экоэлементы обнаруживали в неоптимальных фотопериодических условиях, при действии γ-излучения, высоких и низких температур, изменении величины эдафического пространства (Sinskaya, 1963; Barashkova, 1987; Guzhov, 1981; Udovenko, 1995; Nikolaenko, 1999).

Цель настоящей работы заключалась в изучении внутрисортовой изменчивости при действии нарастающей почвенной засухи.

Материалы и методы

Для оценки внутрисортовой реакции индивидуальных растений на водный стресс были проведены лабораторные и вегетационные опыты с яровой пшеницей сорта 'Родина' и двумя сортами ярового ячменя – 'Нур', 'Зазерский 85'.

При оценке физиологической структуры сортовой популяции основывались на морфологических показателях роста, разделяя сорта на группы по скорости линейного роста проростков, маркируя при этом главный побег каждого растения.

Вегетационные опыты проводили в почвенной культуре на дерново-подзолистой почве. Питательные соли вносили при закладке опыта (Zhurbickij, 1968). В опытах с яровой пшеницей дозы азота варьировали от 125 (N1) до 600 (N2)мг/кг почвы. Уровень фосфорно-калийного

питания обеспечивал бездефицитное поглощение этих элементов. Почвенную засуху моделировали путем прекращения полива на VI этапе органогенеза, критическом по отношению к водообеспеченности. Окончание засухи определяли по наступлению влажности устойчивого завядания (ВУЗ) растений, что наблюдалось при достижении почвой 14% ПВ (полная влагоемкость) – ***засуха I***. В опытах с пшеницей для усиления стрессовой нагрузки продолжительность засухи увеличивали еще на 5 суток – ***засуха II***.

В экспериментах оценивали морфофизиологические показатели, длину апексов измеряли под бинокулярным микроскопом МБС-2, жизнеспособность апексов – окрашиванием с тетразолом (Pershin, 1972). Экзоосмос электролитов определяли по Мелихову и Аневу (Melikhov, Anev, 1985).

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований было установлено, что на первых этапах органогенеза отдельные растения в сорте отличались по скорости роста главного побега: биотипы с высокой – «А» – и замедленной – «Б» – скоростью роста. В дальнейшем эти различия нивелировались, а на VI этапе органогенеза проявлялись на генеративном уровне, на конусе нарастания этого побега.

В опытах с яровым ячменем были установлены различия между биотипами на стадии прорастания. Растения выделенных биотипов различались по реакции на осмотический стресс (рис. 1). Относительная скорость роста у сорта ‘Нур’ в биотипе «А» на растворе сахарозы с осмотическим давлением 7 атм. была на 40% ниже контроля (H_2O), в биотипе «Б» снижение составляло 28%. У сорта ‘Зазерский 85’ – соответственно 86 и 41%.

Оценивая индивидуальные характеристики каждого растения, можно отметить, что до начала действия стрессора и в первые сутки оводненность листьев, их тургесцентность и экзоосмос электролитов из листьев характеризовались близкими величинами.

При нарастании водного дефицита, обезвоживании листа и торможении роста происходило увеличение проницаемости мембран для электролитов из-за нарушения их структуры.

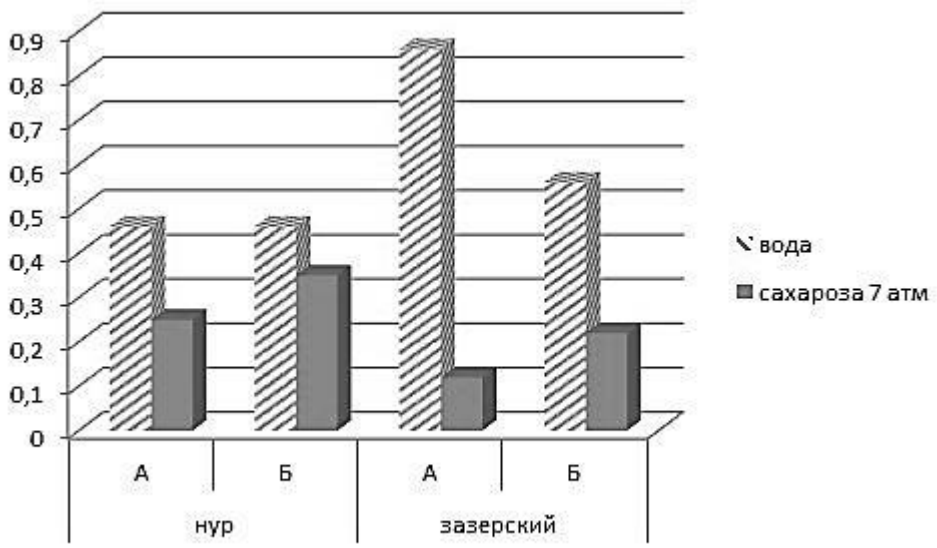


Рис. 1. Относительная скорость роста проростков сортов ячменя различных биотипов
Fig. 1. Relative growth rate of seedlings of different varieties of barley biotypes

Динамика экзоосмоса электролитов из листьев отражала этапы стрессового воздействия. Первый этап – реакция растений на стресс, уменьшение проницаемости; на втором этапе включались защитные механизмы и экзоосмос возрастал, что совпадает со снижением интенсивности ростовых процессов. На третьем этапе при возобновлении полива наблюдалось обратимое снижение проницаемости. Однако если стрессовое воздействие продолжалось, то на третьем этапе отмечалось необратимое возрастание экзоосмоса и повреждение растительного организма.

В проведенных экспериментах индивидуальные растения в сортопопуляциях отличались по величине выхода электролитов из листьев (рис. 2).

При одинаковой напряженности стрессового фактора у одних растений экзоосмос носил обратимый характер, у других – возрастал даже после окончания стресса в репарационный период. Было установлено, что величина выхода электролитов из ближайшего листа коррелировала с жизнеспособностью апекса.

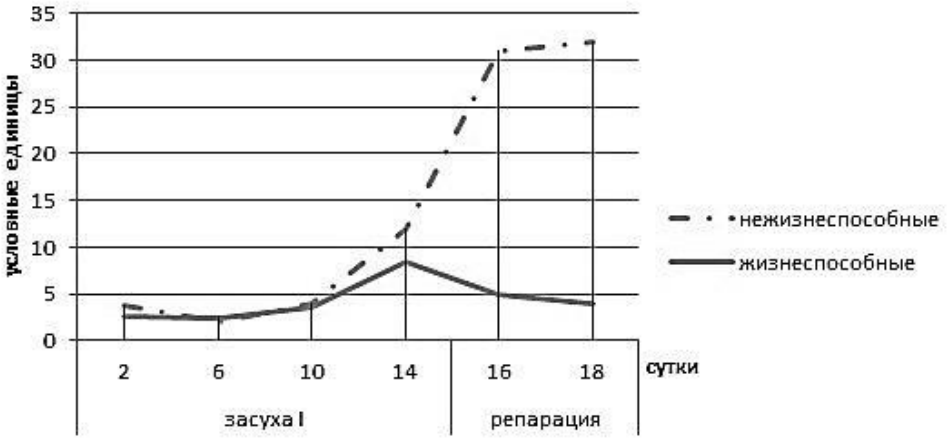


Рис. 2. Экзоосмос электролитов из листьев яровой пшеницы при действии засухи и в период репарации
Fig. 2. Exosmosis of electrolytes from the leaves of spring wheat under the influence of drought and during repair

До наступления стресса индивидуальные растения яровой пшеницы отличались по длине конуса нарастания, массе и площади ближайшего к конусу нарастания листа (второго сверху) (табл. 1).

В биотипе «А», с высокой интенсивностью роста при прорастании зерновки, были больше линейные размеры конуса нарастания, а сырая и сухая масса листа, площадь хлорофиллоностной части – меньше.

При нарастании водного дефицита масса листьев снижалась в обоих выделенных биотипах из-за уменьшения оводненности и активации дыхания на поддержание водного статуса. Количество биомассы, теряемой листом в расчете на единицу массы листа (R), было больше у растений биотипа «А». К моменту наступления влажности устойчивого завядания, растения биотипа «Б» находились в лучшем физиологическом состоянии. Они превосходили растения биотипа «А» по массе листьев, их оводненности.

В опытах с яровой пшеницей через 10 суток после окончания засухи в репарационный период в биотипе «А» были обнаружены три группы растений. У первой группы конусы нарастания были жизнеспособны и активно росли (табл. 2). У второй группы темпы роста были ниже, но растения были жизнеспособны. Третья группа растений потеряла

жизнеспособность конусов нарастания, они прекратили расти и развиваться, однако уже сформированные листья активно функционировали. В биотипе «Б» были выделены две группы растений – жизнеспособные и активно растущие, и со снижением активности роста. В ходе дальнейшего роста и развития растений в сортовой популяции продолжалось снижение жизнеспособности отдельных растений. К концу вегетации в биотипе «А» 12% растений элиминировали из посева, у 24% – верхушка главного побега потеряла жизнеспособность, однако из спящей почки междоузлия сформировался побег замещения. Развитие побегов замещения шло быстрыми темпами за счет утилизации легкогидролизуемых продуктов метаболизма погибшего побега. Эти побеги сформировались после окончания стрессового воздействия, не испытывая его негативного влияния

Таблица 1. Характеристика биотипов пшеницы
Table 1. Wheat biotypes characteristics

Биотип	Сырая масса листа, мг	Скорость роста (R), мг/мг сутки	Сухая масса листа, мг	Оводненность листа, %	Площадь зеленой части листа, см^2	Длина апекса, мм
	До засухи					
А	214,2	–	41,3	79,7	13,2	9,1
Б	281,0	–	53,1	81,1	16,8	7,3
	При ВУЗ* (*засуха I*)					
А	80,6	–0,113	28,6	64,3	9,4	11,0
Б	134,7	–0,088	40,5	71,1	13,6	7,1
	При ВУЗ*+5 (*засуха II*)					
А	90,0	–	48,6	54,0	3,7	7,6
Б	101,0	–	–	58,8	5,7	5,9

*ВУЗ – влажность устойчивого завядания

Аналогичные факторы образования побегов второго порядка, отличающихся ускоренным образованием вегетативных и генеративных органов, отмечали С. А. Мокридова (Mocridova, 1979), А. М. Волкова и Г. В. Удовенко (Volkova, Udovenko, 1985).

Сформировавшиеся вторичные побеги по числу массы зерен с колоса уступали растениям с поливных вариантов, однако превосходили растения, пережившие стресс. В биотипе «Б» 97% растений пережили стресс и остались жизнеспособными.

При продолжении стрессового воздействия после наступления влажности устойчивого завядания, когда почвенная влага стала недоступной растениям, отмечалось резкое падение оводненности листьев, их биомассы и ассимиляционной поверхности. При близкой оводненности листьев в биотипах «А» и «Б» число растений с жизнеспособными конусами нарастания в биотипе «Б» было в четыре раза больше, что свидетельствует о большей устойчивости растений этого биотипа.

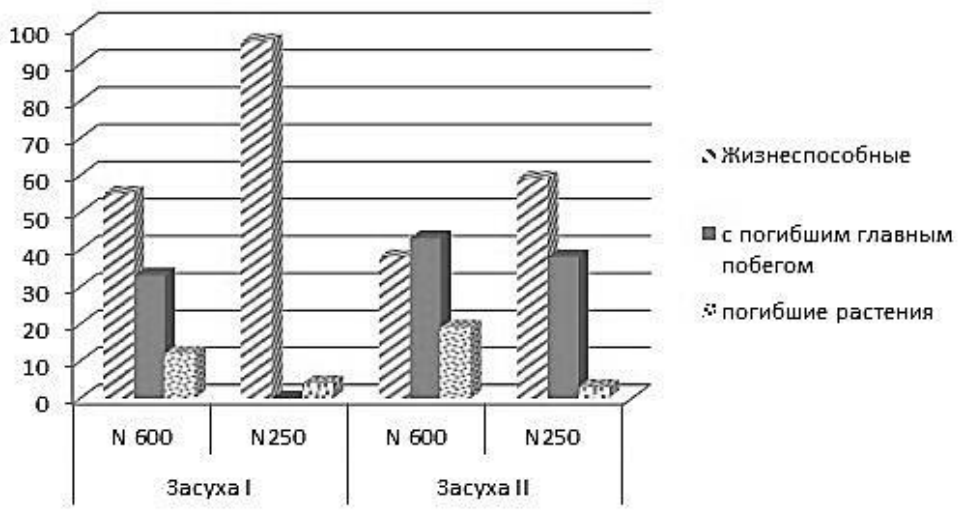


Рис. 3. Влияние обеспеченности азотом и жесткости засухи на биотический состав яровой пшеницы сорта Родина, %
Fig. 3. Influence of nitrogen availability and rigidity of the drought on the biotic composition of spring wheat variety Rodina, %

В репарационный период, через 10 суток после окончания *засухи II* (жесткой), различия между биотипами по числу жизнеспособных особей усугубились. В биотипе «А» их количество составило 20%, а в биотипе «Б» – 40%. У жизнеспособных растений биотипа «Б» были выше сырая и сухая биомасса листьев, их оводненность, способность к насыщению, в

1,5 раза больше длина колоса, что свидетельствует об активном восстановлении их жизненных функций.

Таблица 2. Характеристика биотипов пшеницы в период репарации
Table 2. Characteristics of wheat biotypes during repair

Биотип	Характеристика	Конус нарастания			Лист (флаговый)				
		% от общего числа	Длина, см	R, отн. скорость роста, мг2^{-1}сут$^{-1}$	Сырая масса, мг	R, отн. скорость роста, мг2^{-1}сут$^{-1}$	Сухая масса, мг	Оводнен-ность, %	Площадь зеленой части, см^2
А	Жизне-способные	62,5	7,36	0,148	149,0	0,054	38,7	73,5	10,1
	Замедление роста	18,7	3,07	0,109	94,0	0,013	18,1	74,0	4,4
	Нежизне-способные	18,8	1,03	0,027	159,9	0,059	40,2	75,0	12,3
Б	Жизне-способные	65,0	7,53	0,155	308,1	0,071	75,0	75,4	18,6
	Замедление роста	35,0	4,34	0,127	128,8	0,004	32,6	74,6	11,6

После жесткого стрессового воздействия все растения в биотипе «А» погибли, а в биотипе «Б» у 18% растений сохранилась жизнеспособность, и они дали зерновую продуктивность.

Проявление гетерогенности сорта в условиях нарастающей почвенной засухи зависело от обеспеченности азотным питанием. На пониженном азотном фоне реакция отдельных растений, составляющих сортопопуляцию, была близкой. Продуктивность главного побега снижалась за счет уменьшения озерненности колоса. На высоком азотном фоне проявлялась криптогенная неоднородность сорта: у части растений увеличивалась редукция цветочных зачатков, что также приводило к уменьшению озерненности колоса, у другой части главный побег погибал, и продуктивность формировалась за счет побегов замещения, третья часть растений полностью теряла жизнеспособность и погибала.

Число растений в каждом биотипе зависело как от условий азотного питания, так и от продолжительности засухи (рис. 3). С увеличением жесткости засухи на высоком азотном фоне возрастало число растений с погибшим главным побегом, сформировавшим озерненные побеги замещения после возобновления полива в период репарации. Увеличивалось также количество элиминировавших растений. На пониженном азотном фоне засуха, продолжавшаяся после наступления влажности устойчивого завядания растений, привела к нарушению однородности сорта и разложению сортовой популяции на биотипы. Число растений с жизнеспособной верхушкой побега уменьшилось с 96 до 59%. У 38% растений верхушка главного побега потеряла жизнеспособность, но растения сохранили способность к восстановлению после окончания стрессового воздействия. Аналогичное изменение биотического состава сорта отмечали при изменении условий выращивания в своих исследованиях Б. А. Комаров и Н. В. Зобова (Komarov, 1994; Zobova, 2001).

Таким образом, при действии нарастающей почвенной засухи наблюдается неодинаковая реакция растений, составляющих сортовую популяцию. Часть растений быстрее обезвоживается, у них раньше отказывают защитные механизмы, и они погибают. Другие замедляют темпы роста во время стресса, но восстанавливают активность роста после прекращения стресса и дают зерновую продуктивность. Степень проявления неоднородности зависит от жесткости стресса и условий минерального питания.

References/Литература

Absattarov I. V. Morphological parameters biotypes wheat grade components / Selekcya i genetika pshenicy`. 1999. P. 104–114 [in Russian] (*Абсаттаров И. В.* Морфологические показатели биотипов пшеницы, составляющих сорт / Селекция и генетика пшеницы. 1999. С. 104–114).

Ajtymbetova I. V. Morphological features of biotypes polymorphic varieties of wheat / Resursosberezhenie i diversifikacia kak novyj etap razvitiya idei A. I. Baraeva. 2008. P. 304–306 [in Russian] (*Айтымбетова И. В.* Морфологические особенности биотипов полиморфного сорта пшеницы / Ресурсосбережение и диверсификация, как новый этап развития идеи А. И. Бараева. 2008. с. 304–306).

Akulinichev V. F. The study of environmental instability phenotype substituted lines of spring wheat // Dokl. RASKhN. 1992. N 11–12. P. 7–10 [in Russian] (*Акулиничев В. Ф.* Изучение экологической нестабильности фенотипа

замещенных линий яровой мягкой пшеницы // Докл. РАСХН 1992 № 11-12 С. 7–10).

Bajmagametova K. K. Phased evaluation of varieties and lines of spring wheat for drought resistance // Sibirskij vestnik s.-kh. nauki. 2007. N 12. P. 89–54 [in Russian] (*Баймагамбетова К. К.* Поэтапная оценка сортов и линий яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость // Сибирский вестник с.-х. науки. 2007. № 12. С. 89–54).

Barashkova E. A. Strategy of developing methods for assessing the varieties of winter wheat for resistance to cold. Usloviya sredy i produktivnost. Conditions of the environment and efficiency. Irkutsk, 1985. P. 20–23 [in Russian] (*Барашкова Э. А.* Стратегия разработки методов оценки сортов озимой пшеницы на зимостойкость. Условия среды и продуктивность. Иркутск, 1985. С. 20–23).

Guzhov Yu. L. The value of analysis of the modified variability in breeding // Vestnik s.-kh. nauki. 1981. N 3. P. 49–52 [in Russian] (*Гужов Ю. Л.* Значение анализа модифицированной изменчивости в селекции растений // Вестник с.-х. науки 1981. № 3. С. 49–52).

Eremenko L. V. Productivity and quality of grain somaclonal lines and biotypes of spring soft wheat // Avtoref. diss. …kand. biol. nauk. Saratov, 2002. 24 p. [in Russian] (*Еременко Л. В.* Продуктивность и качество зерна самоклональных линий и биотипов яровой мягкой пшеницы // Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Саратов, 2002 24 с.).

Komarov B. A. The improved varieties of cereals // Genetika. 1994. N 30. P. 32–34 [in Russian] (*Комаров Б. А.* О совершенствовании сортов хлебных злаков // Генетика. 1994. № 30. С. 32–34).

Melikhov E. N., Anev V. N. Reversible release of potassium from cells as a protective reaction to adverse effects // Zhurnal obshcej biologii. 1991. Vol. 52. N. 1. P. 14–26. [in Russian] (*Мелихов Е. Н., Анев В. Н.* Обратимый выход К+ из клетки, как защитная реакция на неблагоприятные воздействия // Журнал общей биологии. 1991. Т. 2. № 1. С. 14–26).

Mokridova S. A. The phenomenon autumn shoot formation in spring wheat. // Avtoref. diss. … kand. biol. nauk. Leningrad, 1977. 23 p. [in Russian] (*Мокридова С. А.* Явление осеннего побегообразования у яровой пшеницы // Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Л., 1977. 23 с.).

Molchan I. M. Biocenotic principles of creation of plastic varieties of wheat in the processes of selection and seed production // Sel`skokhozyaistvennaya biologiya. 1987. N 2. P. 87–93. [in Russian] (*Молчан И. М.* Биоценотические принципы создания пластичного сорта пшеницы в процессах селекции и семеноводства // Сельскохозяйственная биология. 1987. № 2. С. 87–93).

Morozova Z. A. The principles and possibilities of a method of the morphological analysis of cultural plants // Materiays mezhdynarodnoj nauchnoj konferencii «Problemy sovremennogo rastenievodstva». Stavropol`, 2002. P. 128–130 [in

Russian] (*Морозова З. А.* Принципы и возможности метода морфологического анализа культурных растений // Материалы международной научной конференции «Проблемы современного растениеводства». Ставрополь, 2002. С. 128–130).

Nikolenko V. F. Fluorescent method for the assessment of heat tolerance of plants ontogenetic, and varietal laws of its variability // Avtoref. diss. … dok. biol. nauk. St. Petersburg, 2000. 48 p. [in Russian] (*Николенко В. Ф.* Флуоресцентный метод оценки жароустойчивости растений онтогенетически, и сортовые закономерности ее изменчивости // Автореф. дисс. … док. биол. наук. СПб., 2000. 48 с.).

Pershin P. A. The determination of the viability of plants with the use of a tetrozol. Moscow: Kolos, 1972. 18 p. [in Russian] (*Першин П. А.* Определение жизнеспособности растений с применением тетрозола, М.: Колос, 1972. 18 с.).

Prokhorenko N. B. The variability of morphological parameters of the vegetative sphere in populations of spring wheat / Funkcional`ny`e i prikladnye problem botaniki v nachale XXI veka. 2008. N 6. P. 93–96 [in Russian] (*Прохоренко Н. Б.* Изменчивость морфологических параметров вегетативной сферы в популяциях яровой пшеницы / Функциональные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. 2008. Ч. 6. С. 93–96).

Sinskaya E. N. The problem of population in higher plants. Leningrad, 1963. 124 p. [in Russian] (*Синская Е. Н.* Проблема популяции у высших растений. Л., 1963. 124 с.).

Shmanaeva T. N. The relationship genetically determined, physiological and biochemical characteristics of plants in the population of varietal with their evolutionary adaptation type ransplant and late // Vestnik s.-kh. nauki, 1987. N 1. P. 50–56. [in Russian] (*Шманаева Т. Н.* Взаимосвязь генетически обусловленных физиолого-биохимических особенностей растений в сортопопуляции с их эволюционной адаптацией по типу раннеспелости и позднеспелости // Вестник с.-х. науки. 1987. № 1. С. 50–56).

Surov V. Ju., Mal'ceva L. P. The study of composition in soft wheat varieting in Kurgan. / Adaptivnyj podhod v zemledelii, selekcii i semenovodstve sel`skokhozyaistvenny`kh kul`tur v Sibiri. 1996. P. 99–102 [in Russian] (*Суров В. Ю., Мальцева Л. П.* Изучение биотипического состава сорта мягкой пшеницы Курганская / Адаптивный подход в земледелии, селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур в Сибири. 1996. С. 99–102).

Udovenko G. V. Resistance of plants to abiotic stresses // In book: Theoret. osnovy selekcii. 1995. Vol. 2. Ch. 2. P. 293–352 [in Russian] (Удовенко Г. В. Устойчивость растений к абиотическим стрессам // В кн.: Теоретические основы селекции, 1995. Т. 2. Ч. 2. С. 293–352).

Volkova A. M., Udovenko G. V. The reaction of different types of wheat to a drought during the critical period of ontogenesis. Sel`skokhozyajstvennaya biologiya.

1985. N 11. P. 86–92 [in Russian] (*Волкова А. М., Удовенко Г. В.* Реакция разных видов пшеницы на засуху в критический период онтогенеза. Сельскохозяйственная биология, 1985, №11, с. 86–92).

Zhurbickij Z. I. Theory and practice of a vegetative method. Moscow: Nauka, 1968. 266 p. [in Russian] (*Журбицкий З. О.* Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука, 1968, 266 с.).

Zobova N. V. Genetic structure of spring barley varieties with their reproduction // Selekciya i semenovodstvo. 2001. N 3. P. 31–34 [in Russian] (*Зобова Н. В.* Генетическая структура сортов ярового ячменя при их воспроизводстве // Селекция и семеноводство. 2001. № 3. С. 31–34).

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ
COLLECTIONS OF WORLDWIDE CROP GENETIC RESOURCES IN THE DEVELOPMENT OF PRIORITY BREEDING TRENDS

УДК 634.2:631.541.11:631.526.1/.4 DOI:10.30901/2227-8834-2015-4-416-428

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ РОДА *PRUNUS* L. В СЕЛЕКЦИИ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР

Г. В. Еремин, В. Г. Еремин
Филиал Крымская опытно-селекционная станция
Федерального исследовательского центра Всероссийского института
генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
Краснодарский край, Крымск, Россия,
e-mail: kross67@mail.ru

На Крымской опытно-селекционной станции из генофонда видов рода *Prunus* L., насчитывающем свыше 5000 генотипов, выделены и использованы в селекции клоновых подвоев источники и доноры значимых в селекции признаков адаптивности к биотическим и абиотическим стрессам, способные легко размножаться вегетативно, характеризующиеся слаборослостью и т. д. Путем гибридизации между видами и искусственно полученными полиплоидами созданы генотипы, сочетающие несколько донорских признаков. С использованием дикорастущих видов рода *Prunus* выведены 17 клоновых подвоев для косточковых культур. В происхождении большинства из них участвуют виды: алыча – *P. cerasifera* Ehrh., микровишня низкая – *P. pumila* L. и вишня Ланнеза – *P. lannesiana* (Carr.) Wils. Эти виды хорошо передают потомству адаптивность, способность легко размножаться вегетативно и другие ценные признаки.

Высокая адаптивность большинства новых клоновых подвоев косточковых культур позволила им проявить себя положительно в различных регионах России и ряде других стран – США, Голландии, Испании, Украине. Особенно высокой приспособленностью к различным условиям произрастания обладают клоновые подвои ВВА-1 (*P. tomentosa* × *P. cerasifera*), Кубань 86 (*P. cerasifera* × *P. persica*), Эврика 99 [(*P. pumila* × *P. salicina)* × *P. cerasifera*] – для сливы, абрикоса, персика; ВСЛ-2 (*P. fruticosa* × *P. lannesiana*), ЛЦ-52 [*P. cerasus* × (*P. cerasus* × *P. maackii*)] – для черешни и вишни.

Среди слаборослых клоновых подвоев выделились ВВА-1, ВСВ-1 (*P. incana* × *P. tomentosa*), Бест (*P. pumila* × *P. cerasifera*). Клоновые подвои Кубань 86 и ВСВ-1 – устойчивые к хлорозу, Алаб-1 (*P. cerasifera* × *P. armeniaca*) – к нематоде *Mesocriconema xenoplax* (Raski) Luc & Raski. Высокая морозостойкость корней – у клоновых подвоев ВВА-1, Дружба (*P. pumila* × *P. armeniaca*), ЛЦ-52, ВЦ-13 [*P. cerasus* × (*P. maackii* × *P. cerasus*)], Бест.

Привитые на новых клоновых подвоях деревья различных сортов отличаются скороплодностью, урожайностью, хорошо развитой корневой системой. Размер плодов на этих подвоях не меньше, чем на деревьях, привитых на сильнорослые семенные подвои.

Ключевые слова: генофонд, клоновые подвои, доноры, генотип, устойчивость, пребридинг, гибриды, виды, признаки.

USE OF THE GENETIC DIVERSITY OF WILD *PRUNUS* L. SPECIES IN BREEDING OF CLONAL ROOTSTOCKS OF STONE FRUIT CROPS

G. V. Eremin, V. G. Eremin
Krymsk Experiment Breeding Station of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Krasnodar Region, Krymsk, Russian Federation,
e-mail: kross67@mail.ru

Sources and donors were selected from the genetic diversity of *Prunus* L. numbering over 5000 genotypes maintained at Krymsk Experiment Breeding Station and used in clonal rootstock breeding programmes to enhance such important traits as: adaptability to biotic and abiotic stresses, easy vegetative reproduction ability, dwarfness, etc. Using hybridization between species and artificially obtained polyploids, genotypes combining several donor properties have been produced. With the use of wild *Prunus* species 17 clonal rootstocks for stone fruit crops have been bred. Pedigrees of a majority of them contain the following species: myrobalan plum (*P. cerasifera* Ehrh.), sand cherry (*P. pumila* L.) and kawazu-zakura cherry (*P. lannesiana* (Carr.) Wils.). These species transfer adaptability, easy vegetative reproduction and other valuable features to their progeny well enough. High adaptability possessed by most of the new clonal rootstocks of stone fruits allowed them to express themselves positively in various regions of Russia and other countries: United States, Netherlands, Spain, Ukraine, etc. Adaptability to different growing conditions was especially high in clonal rootstocks VVA-1 (*P. tomentosa* × *P. cerasifera*), Kuban 86 (*P. cerasifera* × *P. persica*), and Eurika 99 [(*P. pumila* × *P. salicina*) × *P.cerasifera*] – for plums, apricots, peaches; VSL-2 (*P. fruticosa* × *P. lannesiana*), and LC-52 [*P. cerasus* × (*P. cerasus* × *P. maackii*)] –

for sweet cherry and sour cherry. Among dwarfing clonal rootstocks the best were VVA-1, VSV-1 (*P. incana* × *P. tomentosa*), and Best (*P. pumila* × *P. cerasifera*). Clonal rootstocks Kuban 86 and VSV-1 were resistant to chlorosis, while Alaba-1 (*P. cerasifera* × *P. armeniaca*) to nematode *Mesocriconema xenoplax* (Raski) Luc et Raski. High frost resistance of their roots was shown by clonal rootstocks VVA-1, Druzba (*P. pumila* × *P. armeniaca*), LC-52, LC-13 [*P. cerasus* × (*P. maackii* × *P. cerasus*)], and Best.

When grafted on new clonal rootstocks, trees of different varieties demonstrate early fruiting, high yield, and well-developed root system. The fruit on these rootstocks are no smaller in size than those of the trees grafted on vigorous seed rootstocks.

Key words: genetic diversity, clonal rootstocks, donors, genotype, resistance, prebreeding, hybrids, species, traits.

Большой генетический потенциал видов, сосредоточенный в генофонде рода *Prunus* L., позволяет выделить из его состава источники ценных признаков для улучшения современных сортов косточковых культур в самых различных селекционных программах (Eremin, 2009). Одной из таких приоритетных программ, наиболее эффективно реализующей возможности, имеющиеся у дикорастущих видов косточковых растений, является выведение новых клоновых подвоев. Этого требует разработка новых интенсивных технологий возделывания, а также освоение новых территорий под промышленное плодоводство. Хотя в этом направлении в ряде стран достигнуты значительные успехи, и большинство современных клоновых подвоев получено с участием дикорастущих видов рода *Prunus* (Eremin et al., 2000; Eremin, Podorozhnyj, 2011), необходимость включения в селекционный процесс нового исходного материала из генофонда дикорастущих видов очевидна.

На Крымской опытно-селекционной станции (Крымская ОСС) на базе сосредоточенного здесь генофонда видов рода *Prunus*, насчитывающего свыше 5000 генотипов, ведется работа по выведению новых клоновых подвоев для косточковых культур. Эти подвои получены: 1) при использовании отдельных генотипов дикорастущих видов *Prunus*, 2) в результате межвидовой гибридизации с последующим выделением гибридов, сочетающих слаборослость и хорошую совместимость с возможно большим кругом различных косточковых плодовых культур, а также со способностью размножаться наиболее доступными способами вегетативного размножения и с устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам (табл. 1, 2).

Изучение генофонда видов рода *Prunus* показало, что по степени выраженности селекционно-ценных признаков некоторые генотипы дикорастущих видов косточковых значительно превосходят существующие клоновые подвои. Это позволило создать генетические коллекции различных типов – прежде всего идентифицированную, признаковую и полигеномную (полиплоидов и межвидовых гибридов). Эти коллекции использованы в работе по пребридингу с целью синтеза новых доноров. Источники селекционно-значимых признаков выделены у многих дикорастущих видов рода *Prunus* (см. табл. 1).

Таблица 1. Дикорастущие виды рода *Prunus* L., у которых выявлены источники селекционно-ценных признаков для использования в селекции клоновых подвоев
Table 1. Wild species of *Prunus* L. with identified sources of valuable traits for clonal rootstock breeding

Вид	Слаборослость	Легкое вегетативное размножение	Устойчивость к				
			зимним морозам	высоким температурам	избытку извести (хлорозу)	переувлажнению	почвенным патогенам
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
P. armeniaca L.	–	–	+	–	–	–	–
P. americana Marsh.	–	–	+	+	–	–	–
P. bucharica (Korsh.) Hand.-Mazz.	+	–	–	+	+	–	–
P. canescens Bois	+	+	–	–	–	–	–
P. cerasifera Ehrh.	–	+	–	+	–	+	–
P. cocomilia Ten.	+	–	–	–	–	–	–
P. darvasica Temberg	–	–	–	–	–	–	–
P. dasycarpa Ehrh.	+	+	–	+	–	+	+
P. davidiana (Carr.) Franch.	–	–	+	–	–	–	+

продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
P. fruticosa Pall.	+	+	+	+	–	–	–
P. glandulosa Thunb.	+	+	+	–	–	–	–
P. incana (Pall.) Batsch	+	–	+	+	+	–	–
P. incisa Thunb.	+	–	+	–	–	–	–
P. kansuensis Rehd.	+	–	–	+	–	–	–
P. kurilensis Miyabe	+	–	+	–	–	–	–
P. lannesiana (Carr.) Wils.	–	+	–	+	–	–	–
P. maackii Rupr.	–	+	+	–	–	–	–
P. mahaleb L.	–	+	+	+	+	–	–
P. mandshurica (Maxim.) Koehne	+	–	+	–	–	–	–
P. maritima Marsh.	+	–	–	–	–	–	–
P. maximowiczii Rupr.	–	–	+	–	–	–	+
P. microcarpa C. A. Mey.	+	–	–	+	–	–	–
P. nana (L.) Stokes	+	–	+	+	+	+	+
P. nipponica Matsum.	+	+	–	–	–	–	–
P. pedunculata (Pall.) Maxim.	+	–	+	–	–	–	–
P. pensylvanica L.f.	–	–	+	–	–	–	–
P. petunnicovii Rehd.	+	–	+	+	–	–	–
P. prostrata Labill.	+	–	+	+	–	–	–
P. pseudocerasus Lindl.	–	+	–	–	–	–	–
P. pumila L.	+	+	+	–	–	–	–
P. sachalinensis (F. Schmidt) Miyoshi	–	–	+	–	–	–	–
P. scoparia Schneid.	+	–		+	–	–	–
P. serrulata Lindl.	–	+	+	–	–	–	–
P. sibirica L.	+	–	+	–	–	–	–
P. spinosa L.	+	–	+	+	+	+	+
P. spinosissima Franch.	+	–	+	+	–	–	–
P. subcordata Benth.	+	–	–	–	–	–	–
P. tomentosa Thunb.	+	+	+	–	–	–	–
P. triloba Lindl.	+	+	+	–	–	–	–
P. ulmifolia Franch.	+	–	+	+	–	–	–

Проведение впоследствии аналитической селекции генофонда дикорастущих видов косточковых растений позволило выделить лишь единичные генотипы, не сочетающие селекционно-значимые признаки с комплексом нежелательных признаков.

Таблица 2. Основные признаки клоновых подвоев косточковых культур селекции Крымской опытно-селекционной станции
Table 2. Main traits of stone fruit clonal rootstocks bred at Krymsk Experiment Breeding Station

Подвой	Происхождение	Сила роста	Размножение черенками	
			зелеными	одревесневшими
Алаб-1	*P. cerasifera* × *P. armeniaca*	полу-карлик	отличное	хорошее
Бест	*P. pumila* × *P. cerasifera*	карлик	отличное	отличное
ВВА-1	*P. tomentosa* × *P. cerasifera*	карлик	отличное	хорошее
ВСВ-1	*P. incana* × *P. tomentosa*	карлик	хорошее	посредственное
ВСЛ-1	*P. fruticosa* × *P. lannesiana*	карлик	отличное	хорошее
ВСЛ-2	*P. fruticosa* × *P. lannesiana*	полу-карлик	отличное	хорошее
ВЦ-13	*P. cerasus* × (*P. maackii* × *P. cerasus*)	средняя	хорошее	плохое
Дружба	*P. pumila* × *P. armeniaca*	полу-карлик	хорошее	посредственное
Зарево	(*P. armeniaca* × *P. salicina*) × *P. cerasifera*	средняя	хорошее	хорошее
Кубань 86	*P. cerasifera* × *P. persica*	средняя	отличное	отличное
Л-2	*P. lannesiana*	средняя	хорошее	посредственное
ЛЦ-52	*P. cerasus* × (*P. cerasus* × *P. maackii*)	средняя	хорошее	плохое
РВЛ-9	(*P. cerasus* × *P. maackii*) × *P. lannesiana*	полу-карлик	отличное	хорошее
Спикер	(*P. pumila* × *P. salicina* × *P. cerasifera*) × *P. salicina*	карлик	отличное	хорошее
Фортуна	*P. cerasifera*	средняя	отличное	хорошее
Эврика 99	(*P. pumila* × *P. salicina.*) × *P. cerasifera*	полу-карлик	отличное	отличное

Из новых клоновых подвоев, созданных на Крымской ОСС, только Л-2 выделен из генофонда вида *P. lannesiana*. В настоящее время проводится большая работа по испытанию коллекционных образцов антипки – *P. mahaleb* L. В результате отобран ряд генотипов этого вида с такими важными признаками, как слаборослость и способность хорошо размножаться одревесневшими черенками.

Для проведения аналитической селекции в направлении отбора генотипов с селекционно-ценными признаками для клоновых подвоев наиболее интересны виды рода *Prunus*, представленные в генофонде Крымской ОСС. Они, в основном собранные в ходе экспедиционных сборов на территории бывшего СССР, характеризуются большим разнообразием форм, особенно на популяционном уровне: алыча – *P. cerasifera*, терн – *P. spinosa* L., антипка – *P. mahaleb* L., вишня степная – *P. fruticosa* Pall., миндаль низкий (бобовник) – *P. nana* (L.) Stokes – и ряд других.

Использование в селекции клоновых подвоев различных видов рода *Prunus* показало их различную эффективность как исходного материала при выведении подвоев. В частности, в происхождении наибольшего числа клоновых подвоев косточковых особенно часто участвуют генотипы алычи и микровишни низкой – при выведении таковых для сливы, персика, абрикоса и вишни Ланнеза – при выведении подвоев для черешни (см. табл. 2).

Из 16 клоновых подвоев, выведенных на Крымской ОСС, в происхождении восьми принимали участие генотипы алычи, у четырех – микровишни низкой и вишни Ланнеза, генотипы которых являются комплексными донорами ценных признаков. Все они передали новым клоновым подвоям, в частности, такие признаки, как легкое размножение одревесневшими черенками и относительная устойчивость к большинству патогенов.

Устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам – важнейшее преимущество большинства дикорастущих видов косточковых растений перед культивируемыми сортами и подвоями. Одной из главных целей вовлечения первых в селекцию подвоев является именно передача устойчивости к патогенам (прежде всего – почвенным) и абиотическим стрессам. Этого удается достичь при использовании ряда генотипов дикорастущих видов *Prunus*. Так, клоновые подвои Кубань 86 и ВСВ-1 унаследовали от своих родителей высокие засухоустойчивость и устойчивость к хлорозу. Уникально высокая устойчивость к нематоде (*Mesocriconema xenoplax* (Raski) Luc et Raski) установлена у клонового

подвоя Алаб-1, а устойчивость к длительному затоплению – у ВВА-1 (Eremin, 2010). Хорошо передали высокую морозостойкость всем выведенным с их участием подвоям следующие виды: микровишня низкая – *P. pumila*, микровишня войлочная – *P. tomentosa* Thunb., вишня Маака – *P. maackii* Rupr., вишня степная – *P. fruticosa*; устойчивость к переувлажнению почвы и корневым гнилям – алыча – *P. cerasifera*.

Наиболее эффективным методом, позволяющим создавать клоновые подвои, в одном генотипе сочетающие положительные признаки двух и более видов, в том числе и дикорастущих, зарекомендовала себя межвидовая гибридизация. Подавляющее большинство современных подвоев, в том числе и селекции Крымской ОСС, являются отдаленными гибридами (Eremin et al., 2000). Именно сочетание в их генотипах генов, контролирующих селекционно-ценные признаки, предопределяют их высокую адаптивность.

Высокая адаптивность ряда новых клоновых подвоев косточковых культур позволила им проявить себя положительно, как в различных регионах России, так и в ряде зарубежных стран, в частности в Украине, Абхазии, Армении, Таджикистане, Беларуси, США, Испании, Нидерландах (Eremin, 2007; Еремин, 2010). Из новых клоновых подвоев наиболее адаптивными показали себя ВВА-1, Кубань 86, Эврика 99, ВСЛ-2, ЛЦ-52.

У клоновых подвоев – межвидовых гибридов, отмечены случаи проявления гетерозиса и положительных трансгрессий. Так у сортов на подвое Кубань 86 особенно в первые годы роста молодых деревьев наблюдается более сильный рост и исключительная скороплодность: закладка цветковых почек происходит уже в питомнике. Четырехлетние деревья сливы русской (*P. rossica* Erem.) ‘Глобус’ давали в среднем до 40 кг плодов с дерева, тогда как на других подвоях урожай не превышал 20 кг. Подвой Кубань 86 в питомнике и в саду развивает очень мощную корневую систему, значительно превышая по размерам таковую у всех других семенных и клоновых подвоев косточковых культур. Это позволило деревьям персика и миндаля, привитым на этот подвой, устоять в Калифорнии против ураганного ветра, тогда как деревья, привитые на других семенных и клоновых подвоях, были вырваны с корнем (Eremin, 2010).

Корневая система клонового подвоя ВСЛ-2 значительно превышает по мощности корневой системы родительские формы – Л-2 и степную вишню БС-2. При этом и укореняемость черенков у подвоев

ВСЛ-1 и ВСЛ-2 всегда лучше, чем у родителей – Л-2 и вишни степной БС-2.

Хорошее сочетание в одном генотипе у многих межвидовых гибридов ряда селекционно-ценных признаков позволяет считать их хорошими донорами для дальнейшего использования в селекционных программах по выведению клоновых подвоев, более пригодных для современных технологий возделывания.

Среди генотипов ряда видов косточковых растений, в частности: миндаля низкого – *P. nana*, терна – *P. spinosa*, вишни Маака – *P. maackii*, микровишни простертой – *P. prostrata* Labill. имеются уникальные генотипы – носители ценных генов, сцепленных с генами отрицательных признаков. Это требует проведения пребридинга с включением в процесс таких видов, которые способны разорвать сцепление донорских признаков с признаками отрицательными. Используя отдаленную гибридизацию, нам удалось создать комплексные доноры, у которых селекционно-ценные признаки не имеют жесткого сцепления с признаками отрицательными, что позволяет нередко уже в F_1 получать клоновые подвои, пригодные для практического использования.

Примером получения таких комплексных доноров является синтез донора АТАП с участием терна, алычи и гибрида АП-1 (клоновый подвой Кубань 86).

Схема выведения донора АТАП
Breeding scheme of the donor ATAP

В результате был получен тетраплоидный плодовитый гибрид, унаследовавший от терна высокую адаптивность, но не имеющий его

существенных недостатков – околюченности и плохой укореняемости побегов. Этот гибрид является комплексным донором высокой адаптивности, укореняемости, хорошей совместимости с сортами сливы и персика, в настоящее время используется в селекционных программах по выведению адаптивных и технологичных клоновых подвоев.

References/Литература

Eremin G. V. The gene pool of the genus *Prunus* L. and its use in breeding // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2007. Vol. 164. P. 208–217 [in Russian] (*Еремин Г. В.* Генофонд рода *Prunus* L. и его использование в селекции // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2007. Т. 164. С. 208–217).

Eremin G. V. Wild stone fruit plants of Russia and CIS countries and their use in breeding // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2009. Vol. 166. P. 81–87 [in Russian] (*Еремин Г. В.* Дикорастущие косточковые плодовые растения России и стран ближнего зарубежья и их использование в селекции // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2009. Т. 166. С. 81–87).

Eremin V. G. The study of clonal rootstocks of stone fruits bred at Krymsk Experiment Breeding Station abroad // Sovremennoe sadovodstvo. 2010. N 1. P. 53–55 [in Russian] (*Еремин В. Г.* Изучение клоновых подвоев косточковых культур селекции Крымской опытно-селекционной станции за рубежом // Соврем. садоводство. 2010. № 1. С. 53–55).

Eremin G. V. Podorozhny V. N. Results and current trends in the breeding of clonal rootstocks for sweet cherries // Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii: sb. nauch. rabot / VSTISP. Moscow, 2011. Vol. 28. Chast` 1. P. 174–180 [in Russian] (*Еремин Г. В., Подорожный В. Н.* Результаты и актуальные направления в селекции клоновых подвоев для черешни // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ / ВСТИСП. М., 2011. Т. 28. Ч. 1. С. 174–180).

Eremin G. V., Provorchenko A. V., Gavrish V. F. et al. Stone fruits. Growing on clonal rootstocks and their own roots. Rostov-na-Donu, 2000. 256 p. [in Russian] (*Еремин Г. В., Проворченко А. В., Гавриш В. Ф.* и др. Косточковые культуры. Выращивание на клоновых подвоях и собственных корнях. Ростов-на-Дону, 2000. 256 с.).

От редакции

Редколлегия журнала обращает внимание читателей на то, что в последнее время в работах, посвященных изучению представителей семейства розовые (*Rosaceae* Juss.) подсемейства сливовые (*Prunoideae* Focke), в том случае, если авторы понимают объем рода слива в широком смысле (*Prunus* L. s.l.), т. е. включают в его состав виды абрикоса (*Armeniaca* Scop.), вишни (*Cerasus* Mill.), миндаля (*Amygdalus* L.), персика (*Persica* Mill.), черемухи (*Padus* Mill.), часто имеет место неправильное цитирование авторов видов.

Что касается трактовки таксономического объема рода слива в широком (*Prunus* L. s.l.) или узком (*Prunus* L. s. str.) смысле, то каждый автор имеет право согласиться или с одной, или с другой трактовкой, однако, обязан при этом, делать правильную, выверенную ссылку на систему (и ее автора), которая используется в публикации.

Споры о систематическом положении, как отдельных видов, так и родов в данной группе (подсемействе) продолжаются с начала XVIII века. Основные противоречия заключаются в том, что значительная часть зарубежных исследователей включают все виды косточковых, согласно системы Focke (1888), в один род *Prunus* s. l., объединяя группы близкородственных видов в секции. Большинство отечественных авторов понимают совокупность видов сливовых в составе отдельных родов (Вишня, Миндаль и др.), а объем рода собственно слива принимают в узком смысле (*Prunus* L. s. str.).

Оба подхода к пониманию объёма рода имеют одинаковое право на существование и принимаются или отвергаются различными авторами в зависимости от их точки зрения на объем и структуру рода. При этом известно, что для удобства сельскохозяйственной практики чаще используется понимание рода в узком объеме. Отечественные систематики отмечали достоинства такого подхода: *«Принятие такой системы дало бы возможность плодоводам и селекционерам более свободно ориентироваться в этой большой и сложной хозяйственно важной группе растений и уже по одному названию определять место того или иного вида в общей системе. Такая система сильно упростила бы пользование терминологией и уменьшила бы разнобой, путаницу, создавшуюся ввиду бесконечной синонимики, особенно характерной для данного рода»* (Ковалев, Костина, 1935, с. 14).

Однако, в последние годы ряд отечественных авторов принимают объём рода в широком смысле и относят к роду *Prunus* виды вишни, миндаля, абрикоса и персика. В частности, авторы книги «Помология» пишут: *«В связи с вступлением в UPOV [The International… for the Protection of New Varieties] России, система Фоке, принятая странами, входящими в эту организацию, используется и Государственной комиссией по сортоиспытанию и охране авторских прав Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации, в частности, при регистрации сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ. Поэтому при включении новых сортов в Госреестр описания сортов косточковых культур должны проводиться в соответствии с системой Фоке. Переход в нашей стране на эту систему в научных публикациях также будет способствовать лучшему пониманию результатов исследований по селекции и сортоведению косточковых культур, полученных исследователями в различных странах, в том числе и в России»* (Помология. Косточковые культуры, 2008. С. 16–17).

Сторонники обоих подходов, как видно, используют четкую и конкретную аргументацию. Однако, в том случае, когда попытки создания системы подсемейства сливовых имеют исключительно практический характер, а система «используется для селекционных нужд» и построена на принципах «удобства», она не может быть приемлемой для широкого использования. Подобный подход применим для целей классификации, которая допускает приемы искусственного объединения таксонов в группы (по признакам окраски, формы, размеров и т. д.). В систематике (построении системы семейства, рода или таксона другого ранга) подход к объединению растений в группы (таксоны) должен базироваться на естественных эволюционных принципах.

Разногласия в понимании объема сливовых имеет свои объективные причины: *«Объединение всех этих растений в один род мотивируется их очень большой систематической близостью (особенно близки между собой миндаль и персик, абрикос и слива). Эта близость выражается, в частности, в легкости их гибридизации (гибридные «роды» «Amygdalopersica», «Armenoprunus» и др.). Поэтому перечисленные выше таксоны рассматривают как подроды и секции рода прунус в широком его понимании, насчитывающего не менее 400 видов, распространенных главным образом в умеренных и субтропических областях северного полушария (немногие в Андах Южной Америки и тропиках восточного полушария). Однако английский ботаник Дж. Хатчинсон (1964), который понимал род прунус достаточно широко, все же признавал самостоятельность родов черемуха, лавровишня и пигеум (Pygeum). Многие же другие ботаники признают родовую самостоятельность также вишни (вместе с черешней), абрикоса, миндаля и персика. Они мотивируют это тем, что эти таксоны обычно хорошо различаются по плодам, листьям в почкосложении (сложенными вдоль или трубчато свернутыми), числом пазушных почек, наличием или отсутствием верхушечных почек, характером расположения цветков и прочим*» (Тахтаджян, 1974, т. 5 (2), с. 185).

Что касается присоединения Российской Федерации к Международной конвенции по охране новых сортов растений Международного

союза по охране новых сортов растений (UPOV, Женева, 1997), то данный документ вовсе не обязывает ученых принимать только такую систему, где род слива понимается широко. Статьи Конвенции UPOV не имеют никакого отношения к таксономии, и для «преодоления разногласий» в понимании объема таксонов вполне достаточно использование авторами публикаций синонимов, соответствующих «западной системе» трактовки видов. В частности, в флористических обработках и монографиях последних лет довольно часто встречается понимание видов косточковых в составе отдельных родов: Flora of China (vol. 9, 2003), Mansfeld's World Database of Agriculture and Horticultural Crops (http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/), Флоры Восточной Европы (т. X, 2001) и др. В пользу разделения рода *Prunus* s. l. на отдельные роды говорят и молекулярные данные, показывающие, что *«Древнейшими (верхнемелового возраста) были роды Cerasus Mill. и Prunus L. Различия по белковым маркерам этих и всех остальных таксонов столь велики, что попытки объединить их в единый род Prunus (слива) не являются целесообразными»* (Авдеев, 2012. №2 (2), с. 1).

Таким образом, каждый автор имеет право использовать любой подход в понимании объема и структуры подсемейства сливовые (*Prunoideae*), семейства розовые (*Rosaceae*). Однако, обязанностями авторов при использовании той или иной системы являются: четкое указание авторов принимаемой системы; использование правильных

наименований таксонов, входящих в принимаемую систему и указание авторов этих таксонов.

Механический перенос видов из одного рода в другой приводит к номенклатурным ошибкам и нарушениям статей Международного кодекса ботанической номенклатуры (2012). Так, например, при переводе *Amygdalus nana* L. в род *Prunus* было использовано незаконное название (nomen illegitinum) *Prunus nana* (L.) Stokes (1812), которое является более поздним омонимом *Prunus nana* Du Roi (1772).

Редколлегия журнала, публикующая работы по исследованию возделываемых видов растений и их дикорастущих родичей со времен его основания, предлагает обсудить на страницах нашего издания проблемы систематики подсемейства сливовых с учетом новых сведений по сравнительной морфологии, анатомии, палинологии, цитогенетике, биохимии и молекулярной биологии. Только всестороннее сравнительное исследование всех особенностей подсемейства с применением современных методов систематики позволит уточнить и расширить представления о составе и структуре этой очень важной, но сложной и спорной в плане систематики, группы растений.

УДК 634.22 DOI:10.30901/2227-8834-2015-4-429-435

ВОЛГОГРАДСКИЕ СОРТА СЛИВЫ – ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КРУПНОПЛОДНОСТЬ

А. С. Сиднин
Филиал Волгоградская опытная станция Федерального исследовательскогo центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, кв-л опытная станция ВИР, 30,
г. Краснослободск, Волгоградская обл., Россия, 404160
e-mail: gnuvosvniir@yandex.ru

Реферат

Актуальность. Особое место среди косточковых культур в Нижнем Поволжье занимают сорта сливы. Набор районированных сортов в регионе незначителен и требует своего пополнения скороплодными и продуктивными сортами с улучшенными вкусовыми качествами. **Материалы и методы.** Изучение вели согласно общепринятым методикам (Programme and methodology…, 1970; Vitkovsky, 1971). При одинаковых агротехнических и климатических условиях были проанализированы сорта отечественной и зарубежной селекции, селекции станции, а также образцы, собранные экспедициями по Нижнему Поволжью, произрастающие в коллекции филиала Волгоградская опытная станция ВИР (ВОС ВИР). **Результаты и выводы.** Комплексное морфолого-биологическое исследование сортов из различных эколого-географических групп позволили выявить, что наиболее перспективными для выращивания в условиях Нижнего Поволжья, в том числе по продуктивности и крупноплодности, оказались сорта селекции ВОС ВИР. Помимо ранее изученных (‘Волжская Розовая’, ‘Дочь Альтана’, ‘Краса Поволжья’), выделились сорта, которые заслуживают внимания и могут быть рекомендованы как исходный материал для селекции сливы. Лучшей урожайностью и крупноплодностью характеризуются сорта: ‘Андреевская 792’, ‘Смена 8-240’, ‘Евразия № 5’, ‘Привет Октября’; лучшей крупноплодностью и средней урожайностью – ‘Легендарная’, ‘Лимонная’; лучшей урожайностью и средней крупноплодностью – ‘Поздняя Исполинская’, ‘Гвардейская 485’.

Ключевые слова: слива, сорт, селекция, продуктивность, крупноплодность

VOLGOGRAD PLUM VARIETIES AS SOURCE MATERIAL FOR BREEDING TO INCREASE PRODUCTIVITY AND FRUIT SIZE

A. S. Sidnin
Volgograd Experiment Station of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Volgograd Province, Russian Federation
e-mail: gnuvosvniir@yandex.ru

Background. A special place among stone fruit crops in the Lower Volga Region is occupied by plum varieties. The number of varieties released in the region is small and requires replenishment with productive varieties and varieties with early fruiting and improved taste. **Materials and methods.** The study was conducted according to standard methods (Programme and methodology..., 1970; Vitkovsky, 1971). Analyzed under identical agronomical and climatic conditions were varieties of domestic and foreign breeding, those bred locally at the Station as well as the samples collected by expeditions over the Lower Volga Region which grow in the collection of Volgograd Experiment Station of VIR (VES VIR). **Results and conclusion.** Comprehensive morphological and biological study of varieties from different ecogeographic groups revealed that the most promising for cultivation in the Lower Volga Region according to their productivity and large fruit size were varieties bred by VES VIR. In addition to previously studied varieties (‘Volzhskaya Rozovaya’, ‘Doch Altana’, ‘Krasa Povolzhya’), other varieties have been identified that deserve attention and can be recommended as initial material for plum breeding programmes. The best yields and the largest fruits characterized the following varieties: ‘Andreyevskaya 792’, ‘Smena 8-240’, ‘Yevraziya No.5’, ‘Privet Oktyabrya’; large fruits and average yield was identified in ‘Legendarnaya’ and ‘Limonnaya’; the best yield and average fruit size in ‘Pozdnyaya Ispolinskaya’, ‘Gvardeyskaya 485’.

Key words: plum, variety, breeding, productivity, large fruit size.

Введение

Особое место среди косточковых культур в Нижнем Поволжье занимают сорта сливы – *Prunus* Mill. (*Prunus* L. s str.) – и пользуются большой популярностью. Сорта ценятся за скороплодность, продуктивность и длительность потребления свежих плодов. Набор районированных сортов в регионе незначителен и требует своего пополнения лучшими по вкусовым качествам, продуктивности и крупноплодности сортами.

Достижение поставленной цели возможно при углубленном изучении коллекции сортов, привлеченных из разных эколого-географических зон.

Материалы и методы

Коллекция сливы на Волгоградской опытной станции ВИР закладывалась на орошаемых участках. Были привлечены сорта отечественной и зарубежной селекции, селекции станции, а также образцы, собранные экспедициями по Нижнему Поволжью.

Климатические условия Нижнего Поволжья характеризуются значительной континентальностью, обилием тепла и солнечного света, большой продолжительностью вегетационного периода, малым количеством атмосферных осадков при периодических весенних суховеях, что вызвало необходимость выделения сортов наиболее адаптивных к этим условиям.

В задачу исследований входило комплексное морфолого-биологическое изучение сортов, привлеченных из разных эколого-географических групп, при этом руководствовались «Программой и методикой изучения сортов коллекции плодовых культур» ВИР (Programme and methodology…, 1970). Группировка сортов по массе плодов проводилась согласно методическим указаниям «Особенности изучения помологических признаков видов рода Prunus в связи с созданием генетической и стержневой коллекций». Выделены сорта в группе средних (21–30 г), крупных (30–40 г) и очень крупных (более 40 г) плодов (Vitkovsky, 2001).

Результаты и обсуждение

Результаты многолетнего изучения сортов при одинаковых агротехнических и климатических условиях позволили выявить их особенности, в том числе по продуктивности и крупноплодности. Наиболее перспективными сортами по таким показателям оказались сорта селекции ВОС ВИР. Некоторые сорта, выделяемые по продуктивности и крупноплодности (‘Волжская Розовая’, ‘Дочь Альтана’, ‘Краса Поволжья’), изучались ранее и показали не только наибольшую засухоустойчивость и высокую зимостойкость, но и устойчивость к возбудителям дырчатой пятнистости, хлороза, мозаики (Belyaeva, 1982).

Известно, что продуктивность определяется не только климатическими условиями и агротехникой, но и биологическими свойствами как породы в целом, так и каждого сорта в отдельности (Michurin, 1948). Наблюдения показали, что значительная часть сортов местной селекции характеризуется высоким и регулярным плодоношением, что подтверждает их высокую адаптивность к местным условиям по сравнению с интродуцированными.

В данной статье приводится краткое описание сортов по продуктивности и крупноплодности, которые заслуживают внимания и могут быть рекомендованы как исходный материал для селекции сливы.

Группа сортов с лучшей урожайностью и крупноплодностью

‘Андреевская 792’, к-32235, получена из семян ‘Анна Шпет’ от свободного опыления. Дерево среднерослое (3,8 м). В плодоношение вступает на четвертый год. Урожайность с взрослых деревьев (12–15 лет) составляет 13,5 т/га (37 кг с дерева). Плоды крупные (49 г), округлые. Брюшной шов глубокий. Кожица плода с восковым налетом. Основная окраска красная, покровная – бордовая. Мякоть желтая, хрящеватая, средней плотности и сочности. Аромат средний. Вкус кисло-сладкий. Созревают плоды в августе.

‘Дочь Альтана’, к-27632. Сеянец сорта ‘Ренклод Альтана’. Получен в 1961 году на Волгоградской опытной станции ВИР. Зимостойкий. В плодоношение вступает на четвертый год. Дерево среднерослое (3,0 м). Урожайность в период полного плодоношения – 13,2 т/га (36 кг с дерева). Плоды крупные (42 г), округлые. Вершина и основание округлые. Брюшной шов средний. Кожица со средним восковым налетом. Окраска красно-малиновая с фиолетовыми точками. Мякоть оранжевая, волокнистая, средней плотности и сочности. Аромат средний. Вкус кисло-сладкий (4 балла). Сорт среднего срока созревания.

‘Волжская Розовая’, к-27625. Сеянец сорта ‘Джефферсон’, селекции станции. Засухоустойчив. Дерево среднерослое, крона раскидистая. В плодоношение вступает на пятый год и регулярно плодоносит. Средняя урожайность – 15,1 т/га (36 кг с дерева).

Плоды крупные (46 г) овальные по форме, с овальным основанием и слабо выраженным брюшным швом. Основная окраска желтая, покровная – розовая с румянцем. Мякоть желтая, сочная, сладко-кислая.

Сорт среднего срока созревания. Период потребления – август.

‘Смена 8-240’, к-27663. Сеянец сорта ‘Джефферсон’, селекции станции. Сорт зимостойкий. Дерево среднерослое с раскидистой кроной.

Средняя урожайность – 13,0 т/га (36 кг с дерева). Плоды крупные (40 г), овально-яйцевидные, ярко красные, с белыми точками и восковым налетом. Мякоть желтая, сладко-кислая. Сорт среднепозднего срока созревания.

‘Евразия № 5’, к-19367. Получен от скрещивания сортов ‘Ля Крессент’ и ‘Домашней Сливы’. Сорт засухоустойчив. Дерево среднерослое (3,0 м). Крона вертикально-овальная. Средняя урожайность – 3,3 т/га (38 кг с дерева). Плоды крупные (41 г), овальные с овальной вершиной и основанием. Основная окраска бордовая, покровная темно-бордовая. Мякоть желтая, волокнистая, средней плотности и сочности. Сахаристость слабая и средней кислотности. Раннеспелый сорт.

‘Привет Октября’, к-27742. Сеянц сорта ‘Изюм Эрик’ от свободного опыления. Дерево среднерослое, крона овальная. Средняя урожайность составляет – 11,6 т/га (32 кг с дерева). Плоды крупные (60 г), округлые. Вершина и основание округлые, брюшной шов слабо выражен. Кожица плода со средним восковым налетом. Основная окраска малиновая, покровная – с сизо-голубым налетом и белыми точками. Мякоть оранжевая, волокнистая, средней плотности, сочности и кислотности. Сахаристость и аромат сильный. Вкус кисло-сладкий, приятный. Сорт среднего срока созревания.

Сорта с лучшей крупноплодностью и средней урожайностью

‘Легендарная’, к-27649. Сеянец сорта ‘Персиковая’. Зимостойкий. Дерево среднерослое (3,3 м). Урожайность – 9,1 т/га (25 кг с дерева). Плоды крупные (44 г), плоско-округлые. Вершина плоскоовальная, основание плоское. Кожица со средним восковым налётом. Основная окраска бордовая с многочисленными светлыми точками. Мякоть желтая, волокнистая, нежная, сильно сочная. Аромат высокий. Вкус сладкий с небольшой кислотой.

‘Краса Поволжья’, к-27642. Получен как сеянец сорта ‘Джефферсон’ от свободного опыления. Засухоустойчивый и зимостойкий сорт. Дерево среднерослое (до 4,0 м). Урожайность – 10,2 т/га (28 кг с дерева). Плоды крупные (46 г), яйцевидные, оранжевые, очень красивые, с легким загаром на солнечной стороне. Кожица плода покрыта сильным восковым налетом. Мякоть оранжевая, сочная, нежная, сладко-кислого вкуса.

‘Лимонная’, к-27648. Сеянец сорта ‘Онтарио’. Урожайность – 9,5 т/га (26 кг с дерева). Плоды крупные (42 г) овальные. Вершина округлая, основание овальное. Брюшной шов слабо выражен. Кожица со

средним восковым налетом. Основная окраска желтая с небольшим румянцем. Мякоть желтая, волокнистая, средней плотности, сладко-кислого вкуса.

Сорта с лучшей урожайностью и средней крупноплодностью

‘Поздняя Исполинская’, к-27656. Сеянец сорта ‘Исполинская’. Дерево среднерослое. Крона овальная, средней густоты и облиственности. Средняя урожайность – 13,5 т/га (37 кг с дерева). Плоды средней крупности (31 г), округло-овальные, вершина вдавленная, основание с малым углублением. Брюшной шов слабо выражен. Кожица со слабым восковым налетом. Основная окраска красная, покровная – бордовая на большой половине плода. Мякоть желтая, средней плотности и сочности. Вкус кисло-сладкий.

‘Гвардейская 485’, к-35601. Получен как сеянец сорта ‘Виктория’ от свободного опыления. Дерево среднерослое. Крона раскидистая. Средняя урожайность – 14,9 т/га (41 кг с дерева). Плоды выше среднего значения (36 г), овальные. Вершина округлая, основание овальное. Брюшной шов слабо выражен. Кожица с сильным восковым налетом. Основная окраска темно-красная с фиолетовым отливом. Мякоть оранжевая, волокнистая, нежная. Сочность сильная, аромат высокий. Вкус кисло-сладкий.

Заключение

Кроме высокопродуктивных и крупноплодных сортов ‘Волжская Розовая’, ‘Дочь Альтана’, ‘Краса Поволжья’ нами выделены сорта с высокой адаптивностью к условиям Нижнего Поволжья, которые заслуживают внимания и могут быть рекомендованы как исходный материал для селекции сливы. Лучшей урожайностью и крупноплодностью характеризуются: ‘Андреевская 792’, ‘Смена 8-240’, ‘Евразия № 5’, ‘Привет Октября’; лучшей крупноплодностью и средней урожайностью – ‘Легендарная’, ‘Лимонная’; лучшей урожайностью и средней крупноплодностью – ‘Поздняя Исполинская’, ‘Гвардейская 485’.

References/Литература

Belyaeva T. G. New promising plum varieties // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 74. Iss. 1. P. 105–108 [in Russian] (*Беляева Т. Г.* Новые перспективные сорта сливы // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1982. Т. 74. Вып. 1. С. 105–108).

Vitkovsky V. L. Features of studying pomological traits in *Prunus* Mill. species in connection with the establishment of genetic and core collections: Guidelines. St. Petersburg, 2001. 44 p. [in Russian] (*Витковский В. Л.* Особенности изучения помологических признаков видов *Prunus* Mill. в связи с созданием генетической и стержневой коллекций: Методические указания. СПб., 2001. 44 с.).

Michurin I. V. Selected papers. Moscow, 1948. 501 p. [in Russian] (*Мичурин И. В.* Избранные сочинения. М., 1948. 501 с.).

Programme and methodology of studying the collection of fruit, berry, subtropical, nut crops and grapes // Leningrad: VIR, 1970. 162 p. [in Russian] (Программа и методика изучения коллекции плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных культур и винограда. Л.: ВИР, 1970. 162 с.).

СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ
SYSTEMATICS, PHYLOGENY AND GEOGRAPHY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVE

УДК 633.521: 631.52.581.167 DOI:10.30901/2227-8834-2015-4-436-455

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ *LINUM USITATISSIMUM* L.

С. Н. Кутузова, Е. А. Пороховинова, Г. И. Пендинен
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
ул. Б. Морская, д. 42, 44, Санкт-Петербург, Россия, 190000
e-mail: s.kutuzova@vir.nw.ru

Актуальность. Происхождение и эволюция культурного льна (*Linum usitatissimum* L.) интересовала исследователей с давних пор. *L. usitatissimum* отличается исключительным полиморфизмом, возникшим под влиянием различных эколого-географических условий при возделывании на всех континентах Земного Шара от северных широт до южных. **Объект.** В изучение включены все принимаемые нами таксоны культурного льна, примитивные формы, и дикорастущий вид *L. angustifolium* Huds. **Материал и методы.** Возделываемые льны – долгунец, межеумок, кудряш, крупносемянный (из Марокко), карликовый (из Эфиопии), полуозимый (из Югославии), а также растрескивающийся *L. crepitans* Dum., местный колхидский лен, *L. usitatissimum* ssp. *bienne* (Mill.) Stankev. и дикорастущий *L. angustifolium* Huds. были изучены по комплексу морфологических и хозяйственных признаков и включены в циклическое скрещивание. О путях эволюции судили по морфологическому сходству, способности скрещиваться и жизнеспособности F_1. **Результаты.** Установлено, что все таксоны скрещиваются между собой, однако гибридизация между *L. angustifolium*, колхидским льном и *L. usitatissimum* ssp. *bienne* гораздо менее успешна, чем с культурными формами. Гибридные семена всех комбинаций дали всходы, полноценные растения и завязали семена со всеми родительскими формами, кроме *L. angustifolium*. F_1 *L. angustifolium* с карликом из Эфиопии и *L. crepitans* в прямом и обратном скрещиваниях образовали карликовые, похожие на гаплоиды растения, которые погибли в стадии проростков. Гибриды *L. usitatissimum* ssp. *bienne* × *L. angustifolium* также погибли в стадии проростков, тогда как в обратной комбинации получены полноценные растения. При скрещивании *L. angustifolium* с долгунцом гибель проростков составила 30%, а с межеумком – 10% растений, доживших до цветения. Гибрид карлика из Эфиопии с *L. angustifolium* образовал 100% дефектных растений, погибших во время цветения, в обратном скрещивании

погибло 90% в стадии проростков. Во всех случаях гибели растения имели 30 хромосом. С другими формами в F_1 успешно получены качественные семена. **Заключение.** Высказано предположение, что *L. angustifolium* мог послужить предком колхидского льна, от которого произошли последовательно кудряш, межеумок и, наконец, долгунец, как считала Е. Н. Синская. Однако, возможно, что прародителем *L. usitatissimum* ssp. *bienne* был *L. angustifolium* в качестве материнской формы или колхидский лен. Для крупносемянного льна и *L. crepitans* источником мог быть межеумок, для карлика – кудряш.

Ключевые слова: формы льна, гибридизация, способность скрещиваться, жизнеспособность гибридов, эволюция.

ORIGIN AND EVOLUTION OF *LINUM USITATISSIMUM* L.

S. N. Kutuzova, E. A. Porokhovinova, G. I. Pendinen
The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42-44, B.Morskaya Street, St. Petersburg, Russian Federation, 190000
e-mail: s.kutuzova@vir.nw.ru

Background. The origin and evolution of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) were of interest for its researchers for a long time. *L. usitatissimum* is remarkable for its exceptional polymorphism which evolved under the influence of different ecogeographic conditions in the process of its cultivation on all the continents and all latitudes from north to south. **Objective.** The study covered all accepted taxa of cultivated flax, primitive forms and the wild species *L. angustifolium* Huds. **Materials and Metods.** Cultivated flax forms – fibre, intermediate, linseed, large-seeded (from Morocco), dwarf (from Ethiopia), winter (from Yugoslavia) flax as well as *L. crepitans* Dum., local Colchian flax, *L. usitatissimum* ssp. *bienne* (Mill.) Stankev., and wild *L. angustifolium* Huds. – were studied according to a complex of morphological and economic traits and included in the cyclic crossing. Conclusions about the ways of evolution were made on the basis of morphological similarity, crossability, and viability of F_1. **Results.** All the taxa were found to be able to cross with each other; however, crosses between *L angustifolium*, Colchian flax and *L. usitatissimum* ssp. *bienne* is much less successful than with cultivated forms. F_1 seeds of all combinations produced seedlings, plants and seeds with all parent forms, except *L. angustifolium*. F_1 of *L. angustifolium* with the dwarf form from Ethiopia and *L. crepitans* in direct and reciprocal crosses formed dwarf plants that looked like haploids and died in the seedling phase. F_1 of *L. usitatissimum* ssp. *bienne* × *L.angustifolium*, also died in the seedling phase, while the reverse combination produced normal plants. In the crosses of *L. angustifolium* with fibre flax death incidence of seedlings was 30%, while with intermediate flax 10% of plants survived until the flowering phase. The hybrid of the dwarf form from

Ethiopia with *L. angustifolium* produced 100% defective plants that died at flowering; in their backcrosses 90% of hybrids died in the seedling phase. In all the death cases plants had 30 chromosomes. In crosses with other forms the F2 progeny was successful. **Conclusion.** It was suggested that *L. angustifolium* had possibly been an ancestor of Colchian flax, from which the linseed, intermediate and finally fibre flax consequentially evolved, according to E. N. Sinskaya. However, it is possible that the ancestor of *L. usitatissimum* ssp. *bienne* was *L. angustifolium*'s maternal form or Colchian flax. For large-seeded flax and *L. crepitans* Dum., the ancestor could be the intermediate flax; for the dwarf flax, the crown flax. Winter flax is a form of the conventional oilseed flax sown before the start of the winter season in the areas with mild climate.

Key words: flax forms, hybridization, crossability, viability of hybrids, evolution.

Введение

Вид *Linum usitatissimum* L. известен только в культуре и имеет с древних времен огромное экономическое значение как пищевое и волокнистое растение. Особенно широко он использовался на Ближнем Востоке, в Египте, Закавказье, Индии до интродукции хлопчатника.

Происхождение и эволюция культурного льна интересовала исследователей с давних пор. Большой вклад в выяснение этих вопросов принадлежит Н. И. Вавилову (Vavilov, 1926, 1957, 1965) и крупнейшим ученым ВИР: Е. В. Эллади (E'lladi, 1935, 1940), П. М. Жуковскому (Zhukovskij, 1950, 1971), Е. Н. Синской (Sinskaya, 1954a), И. А. Сизову (Sizov, 1955a), в распоряжении которых находилось огромное мировое разнообразие льна, собранное многочисленными экспедициями ВИР и лично Н. И. Вавиловым по всему Земному Шару. Было установлено, что *L. usitatissimum* отличается исключительным полиморфизмом, который возник под влиянием различных эколого-географических условий при возделывании на всех континентах от северных до южных широт. Значительное влияние оказала также селекция, происходящая в каждых конкретных условиях с доисторических времен.

Лен прошел значительный эволюционный путь, поэтому в различных географических условиях планеты создались эндемичные эколого-географические формы, что привело к внутривидовой дифференциации (Sizov, 1958, 1970). По мнению И. А. Сизова (Sizov, 1955a), именно конкретные внешние условия сыграли решающую роль в возникновении наследственных особенностей каждой формы. Под

влиянием сухого жаркого климата сформировались кудряши – растения с короткими стеблями, большим числом боковых побегов и многочисленными коробочками. В северных широтах при умеренных температурах и продолжительном световом дне возникли долгунцы с высоким неветвящимся стеблем и компактным соцветием. Между ними существуют многочисленные промежуточные формы, возделываемые в средних широтах. В горных условиях с доисторических времен при подзимнем посеве выращивались простратные полуозимые льны. Эти закономерности были отмечены еще Н. И. Вавиловым во время его экспедиций (Vavilov, 1926). В районах Средиземноморья произрастают крупноцветковые крупносемянные льны, эта особенность характерна и для всех других возделываемых там культур. В Абиссинии распространены мелкосемянные карликовые формы, в том числе и льна. (Vavilov, 1926, 1928, 1957, 1965). Подтверждение влияния климатических условий на формирование разнообразных форм льна было получено при проведении географических посевов – изучении мирового генофонда льна в различных эколого-географических зонах страны (Sizov, 1958). С продвижением с севера на юг у растений льна уменьшается высота, усиливается ветвление, увеличивается облиственность, снижается содержание и качество волокна. Простратные льны (стелющиеся) при яровом посеве после нескольких пересевов становятся обычными кудряшами, тогда как обычные яровые формы при подзимнем посеве формируют канделяброобразную розетку. Долгунцы, выращенные на коротком дне при высоких температурах, становятся похожими на межеумки.

Географические посевы позволили выявить морфологические, физиологические, биохимические, цитологические и другие особенности образцов различного происхождения (E’lladi, 1928, 1940). В Пушкинских лабораториях ВИР уточнялось отношение различных типов льна к длине дня, определялась продолжительность фаз яровизации и световой. Эти исследования позволили проанализировать филогенетические связи между подвидами льна (Sinskaya, 1953, 1954б).

Центром разнообразия и вероятного очага происхождения мелкосемянных льнов Н. И. Вавилов считал Юго-Западную Азию. Там, в горных районах, благодаря исключительному многообразию условий и пространственной изоляции, возникло и сохранилось большое разнообразие мелкосемянных кудряшей по морфологическим признакам, включающее все исходные типы как скороспелого долгунца, так и ветвистых поздних форм. Оттуда лен распространился в другие регионы.

Крупносемянные льны Средиземноморья он выделял в особую группу (Vavilov, 1965).

В. Л. Комаров (Komarov, 1938) считал, что лен был введен в культуру в северных частях Средиземноморья, откуда культура проникла в Египет, где обработка волокна достигла совершенства. В Абиссинии же и горной Азии использование льна остановилось на примитивных формах. В Индии распространены своеобразные формы кудряша, не встречающиеся больше нигде.

Е. Н. Синская (Sinskaya, 1953) предполагала, что имеется три очага независимого вхождения льна в культуру: Колхида, Индия, Юго-Западная Азия (Афганистан, Таджикистан). По ее мнению, наиболее древние формы отличаются склонностью к простратности. От каждого очага она прослеживает четкие ряды перехода от длинностадийных, медленно развивающихся, сильно ветвящихся льнов к короткостадийным, быстро растущим, неветвящимся:

горные кудряши → *промежуточные кудряши* → *межеумки* (на равнинах) → *долгунцы*.

Русские долгунцы, по мнению Е. Н. Синской (Sinskaya, 1953), произошли из Индо-Афганского очага. В такой же последовательности, что и Е. Н. Синская, строил систему эволюции культурного льна П. М. Жуковский (Zhukovskij, 1950), который предполагал закавказское происхождение культуры льна, где обитает узколистный дикорастущий лен и полукультурные стелющиеся формы. Это же мнение высказал и И. А. Сизов (Sizov, 1955а, б), считавший, что лен-долгунец происходит из Колхидского очага и сформировался в северо-западной зоне России, где естественные условия для его роста и развития являются наиболее благоприятными в мире. Не случайно семена псковских льнов на протяжении 4–5 веков вывозили в европейские страны, где лен быстро вырождался, и на Американский континент. К такому же выводу пришел Ф. Плонка (Plonka, 1956) на основании изучения 700 образцов льна различного происхождения. По его мнению, центром формирования наилучших сортов льна-долгунца является Псковская область и страны Прибалтики (Латвия, Эстония). Современные исследователи (Zhuchenko et al., 2009), используя при изучении коллекции льна RAPD-анализ, высказали предположение, что северные русские льны имеют не только индо-афганское, но и колхидское происхождение.

Внутривидовая систематика культурного льна затруднена и различными авторами представляется по-разному. Одни и те же формы одни систематики считают разновидностями, другие – подвидами, третьи

– самостоятельными видами. Число выделяемых видов для культурных льнов весьма спорно, однако чаще всего кроме *L. usitatissimum* самостоятельными видами считались лен-прыгунец (*L. crepitans* Dum.) и лен озимый (*L. bienne* Mill.). Наиболее рациональной признана классификация, предложенная И. А. Сизовым (Sizov, 1955b) на основании изучения около 4 тыс. сортов и форм льна, представляющих все мировое разнообразие культуры. Весь культивируемый лен он отнес к одному виду *L. usitatissimum* и выделил пять разновидностей: долгунцы, межеумки, кудряши, крупносемянные и полуозимые, которые не были законно обнародованы. Лен-прыгунец (*L. crepitans* Dum.) он не считал самостоятельным видом и полагал, что его можно вычленить в отдельную разновидность (шестую).

Более поздние авторы (Chernomorskaya, Stankevich, 1987) ряд выделенных И. А. Сизовым разновидностей считают подвидами: долгунцы – *L. usitatissimum* ssp. *usitatissimum*, межеумки – *L. usitatissimum* ssp. *intermedium* Czernom., кудряши – *L. usitatissimum* ssp. *humile* (L.) Czernom., крупносемянные – *L. usitatissimum* ssp. *latifolium* Stankev., а растрескивающийся лен (лен-прыгунец) относят к формам льна-долгунца. Самостоятельность вида *L. bienne* Mill. – лен двулетний (полуозимый) они не признают, а понимают в ранге подвида *L. usitatissimum* ssp. *bienne* (Mill.) Stankev. Следует отметить особо, что полуозимый лен в понимании И. А. Сизова не соответствует *L. usitatissimum* ssp. *bienne* по А. К. Станкевич.

На основании изучения морфологических особенностей типичных представителей всех таксономических групп культурного льна (Kutuzova, Porokhovinova, 2011) и результатов циклического скрещивания между ними и дикорастущим видом *L. angustifolium* Huds. (Kutuzova, 2011) мы пришли к выводу, что долгунцы, межеумки, кудряши и полуозимые льны следует считать разновидностями, что совпадает с точкой зрения И. А. Сизова (1955b). Карликовые льны Эфиопии, которые ранее относили к кудряшам, заслуживают, по нашему мнению, выделения в отдельную разновидность. Наше понимание таксономического статуса *L. bienne* и крупносемянных льнов совпадает с таковым у Станкевич (Chernomorskaya, Stankevich, 1987) – это подвиды. Мы считаем колхидский лен разновидностью, относящейся к выделенному Станкевич подвиду *L. usitatissimum* ssp. *bienne*, но в отличии от нее и И. А. Сизова считаем растрескивающийся лен (лен-прыгунец) – *L. crepitans* – самостоятельным видом (Kutuzova, 2011).

Большинство исследователей (Ascherson, Grauber, 1914; Tammes, 1928; Tobler, 1931; Zhukovskij, 1950; Sinskaya, 1953; Sizov, 1955a; Kulpa, Dannert, 1962; Khrzhanovskij et al., 1979; Lemesh, Khotyljeva, 2000; Golub et al., 2003; Kutuzova, 2011) склоняется к тому, что культурный лен произошел от *L. angustifolium* Huds. – наиболее близкого среди дикорастущих видов к культурному льну. Ареал *L. angustifolium* простирается от Канарских островов до Восточной Персии, охватывая все Средиземноморское побережье (Vavilov, 1965). Н. И. Вавилов собрал большое разнообразие форм этого вида в Португалии, Испании, Южной Франции, Греции, Палестине, Северной Африке и на Кипре. Встречаются многолетние, двулетние и однолетние формы. Чаще всего растения имеют очень тонкие, простратные, сильно облиственные и ветвящиеся стебли, слегка приподнимающиеся ко времени цветения, мелкие семядоли, цветки, коробочки и семена. Однако были обнаружены формы, аналогичные формам культурного льна – прямостоячие, слабоветвящиеся, редколиственные, с мелкими и более крупными цветками (E'lladi, 1928). *L. angustifolium* среди дикорастущих видов имеет наиболее крупные семена, по содержанию масла и составу жирных кислот подобные семенам культурного льна (Plessers, 1966). Исследование микроструктуры семян *L. angustifolium* и *L. usitatissimum* показало их полную идентичность в отличие от других видов (Khrzhanovskij, 1979). Подтверждением родства этих видов можно считать их гомостильность, одинаковое число (2n=30) и морфологическое сходство хромосом, гомологичность их геномов (Yermanos, Gill, 1969; Semyonova et al., 2004; Titok et al., 2010). Геномы отличаются одной транслокацией, вовлекающей две негомологичные хромосомы (Gill, Yermanos, 1967; Singh, Gill, 1967). Виды скрещиваются между собой, но F_1 *L. usitatissimum* × *L. angustifolium* имеет пониженную фертильность пыльцы (26,7%) (E'lladi, 1940; Yermanos, Gill, 1969). В исследованиях Е. В. Эллади (E'lladi, 1940) и наших (Kutuzova, 2011) в F_1 выщеплялись карликовые стерильные растения. С помощью комплекса современных методов цитологического анализа (задержки конденсации хромосом, различных способов дифференциального окрашивания и совмещения их с флуоресцентной гибридизацией *in situ* – FISH, компьютерных программ обработки и анализа цифровых изображений хромосом) установлено, что кариотипы *L. usitatissimum, L. angustifolium* и *L. usitatissimum* ssp. *bienne* сходны по рисунку C/DAPI – блоков и локализации рибосомных генов, но различаются по размерам гетерохроматических районов. Геном *L. usitatissimum* ssp. *bienne* более близок к *L. usitatissimum*, чем к

L. angustifolium (Muravenko et al., 2003; Semyenova et al., 2004; Yurkevich, 2008; Titok et al., 2010). У *L. angustifolium* выявлена перицентрическая инверсия в третьей хромосоме, захватывающая локус 5S рДНК (Bol'sheva et al., 2009; Rachinskaya et al., 2009, 2011), что может объяснить их дивергенцию в процессе доместификации предковой формы (Yurkevich, 2008).

Между *L. usitatissimum* и *L. angustifolium* существуют достоверные различия по важным для систематики морфологическим и анатомическим признакам, достаточным для выделения их в самостоятельные виды (Shekhovceva, 1995).

Для выявления эволюционных связей между различными таксонами культурного льна, наиболее близкими примитивными формами и дикорастущим видом *L. angustifolium* нами проведено изучение представителей всех таксонов по важнейшим морфологическим и хозяйственно-ценным признакам, а также полное циклическое скрещивание между их представителями и наблюдение за гибридным потомством. Сделана попытка определить место и роль в эволюционном процессе *L. crepitans*, *L. usitatissimum* ssp. *bienne*, крупносемянного льна, карлика из Эфиопии и колхидского льна.

О вероятности происхождения и филогенетической близости различных форм культурного льна судили по сходству морфологических признаков, способности скрещиваться с *L. angustifolium* и давать полноценное потомство.

Материал и методы

Для настоящего исследования было отобрано по одному наиболее характерному представителю каждого принимаемого нами таксона льна (Kutuzova, 2011): долгунец (сорт К-6, к-6815), межеумок (сорт 'Воронежский 1308', к-5579), кудряш (сорт 'Бахмальский 1055', к-6056), крупносемянный (образец из Марокко, к-7131), полуозимый сорт масличного льна из бывшей Югославии 'Ozimi' (к-5538). Кроме них в изучение были включены формы, которые, по нашему мнению, нуждаются в уточнении их систематического статуса: карликовый лен из Эфиопии (к-2161), растрескивающийся лен *L. crepitans* (образец из Германии, к-7689), колхидский лен (образец из Абхазии Колхидский 1, и-099849), а также *L. usitatissimum* ssp. *bienne* (однолетний образец из США, и-303794) и дикорастущий *L. angustifolium* (однолетний образец из Германии, и-099849).

Исследование проведено в 2002–2004 гг. в условиях Пушкинского филиала ВИР (г. Пушкин Ленинградской обл.) при густоте стояния 150 растений на м^2 (междурядье 30 см, расстояние между растениями в рядке 2 см). Изучение осуществляли в соответствии с методическими указаниями (Kutuzova, Pit`ko, 1988). Гибридизация растений проведена после предварительной кастрации с изоляцией опыленных бутонов. Родительские формы также кастрировали, после чего опыляли пыльцой того же растения. Созревающие гибридные коробочки растрескивающихся льнов фиксировали с помощью обертывания фольгой.

Число хромосом у гибридных форм определяли в корневых меристемах проростков. Материал фиксировали в смеси 96% этанола и 100% уксусной кислоты в соотношении 3:1, окрашивали 2% ацетоорсеином, меристемы мацерировали в растворе ферментов (4% целлулаза и 1% пектиназа) при 37°С в течение 30 минут, осторожно раздавливали в капле 45% уксусной кислоты. Препараты анализировали с использованием микроскопа Axiolmager M2, для создания изображения применена совмещенная с микроскопом камера AxioCamMPm и программа AxioVizionRel. 4.8.

Математическая обработка данных проведена методами дисперсионного и кластерного анализов при использовании программ MC Excel 7.0, PLEY1_02.XLS и Statistica 7.0 (Ivanter, Korosov, 2003; Lakin, 1990).

Результаты и обсуждение

Использованные в изучении образцы культурных льнов и *L. angustifolium* характеризуются контрастными значениями многих признаков (табл. 1): с мелкими и крупными семядолями (длина от 5 до 14 мм), листьями (длина от 15,9 до 39,0 мм), лепестками (длина от 9 до 17 мм) и коробочками (от 5 до 9 мм), высотой стебля от 38 до 94 см, массой 1000 семян от 1,7 до 11,0 г, с растрескивающимися и закрытыми коробочками, простратные и прямостоячие. Они представляют все разнообразие форм льна, собранное в коллекции ВИР.

L. angustifolium и *L. usitatissimum* ssp. *bienne* по морфологическим признакам очень сходны, однако последний имеет нерастрескивающиеся коробочки, а его стебли принимают ко времени цветения практически вертикальное положение. Приближающийся к ним по размерам семядолей, листьев, лепестков, коробочек и семян колхидский лен более

высокий, очень сильно облиственный, менее простратный и имеет нерастрескивающиеся коробочки, что свидетельствует о его большей близости к современным культивируемым льнам.

Таблица 1. Характеристика исследованных образцов льна по основным морфологическим и хозяйственно-ценным признакам
Table 1. Characteristics of the studied flax accessions according to main morphological and economic characters

Образец	Длина, мм				Вегетационный период, дней	Коробочки		Масса 1000 семян, г	Простратность, балл	Общая высота, см	Число стеблей
	семядоли	листья	лепестки	коробочки		число	растрески-вание, балл				
Долгунец	12	29	11	7	81	28*	0,5	4,9	0*	94*	1*
Межеумок	12	39	12	8	83	44	0*	6,0	0	70	2
Кудряш	13	36	13	8	85	40	0	6,8	0	61	3
Крупносемянный	14*	39*	17*	9*	99*	33	0	11,0*	0	64	2
Карлик	12	36	11	7	76	50*	0	5,4	0	66	3
Полуозимый	13	34	13	7	82	38	0	5,2	0	66	2
L. crepitans	14	32	11	7	69*	27	9*	4,8	0	68	1*
Колхидский	9	31	10	6	91*	35	0,2	3,4*	3*	69	3
L. usitatissimum ssp. *bienne*	6*	23*	9*	5*	76	66*	0,5	2,1*	5*	64	4*
L. angustifolium	5*	16*	10	5*	99*	15*	3,5*	1,7*	9*	38*	5*

*различия между образцами достоверны при 0,5%-ной вероятности по t-критерию Стьюдента

Циклическое скрещивание между образцами показало, что все они довольно успешно скрещиваются друг с другом (табл. 2). Однако гибридизация *L. usitatissimum* ssp. *bienne* с *L. angustifolium* как с друг с другом, так и с другими формами была затруднительной, особенно при использовании их в качестве материнских растений. Необходимо отметить, что и при самоопылении у них завязывалось 25 и 20% коробочек соответственно, следовательно, плохая скрещиваемость в данном случае не указывает на генетическую удаленность видов, а, возможно, связана с особенностями функционирования репродуктивной системы этих форм.

Колхидский лен скрещивался с *L. usitatissimum* ssp. *bienne* и *L. angustifolium* также довольно трудно. Успешными были от 20 до 32% скрещиваний, при этом в завязавшихся коробочках образовалось по 1–2 семени. Значительно меньше, чем в других комбинациях между культурными льнами, завязывалось коробочек при гибридизации с крупносемянным льном из Марокко. Одной из возможных причин низкой завязываемости коробочек при использовании крупносемянного льна, *L. usitatissimum* ssp. *bienne*, *L. angustifolium* и колхидского льна в качестве материнских форм является их позднеспелость.

Таблица 2. Завязываемость продуктивных гибридных коробочек льна F_0 (на 20 скрещиваний) в среднем за 3 года, %
Table 2. Seed setting of productive F_0 hybrid flax bolls (20 crossings), average over 3 years, %

Образцы льна		Долгунец	Межеумок	Кудряш	Крупносе-мянный	Карлик	Полу-озимый	L. crepitans	Колхид-ский	L. usitatissimum ssp. bienne	L. angustifolium
Долгунец	♀	70									
	♂	70									
Межеумок	♀	56	90								
	♂	58	90								
Кудряш	♀	75	80	55							
	♂	70	55	55							
Крупносемянный	♀	38	63	35	32						
	♂	52	70	73	32						
Карлик	♀	65	83	70	23	35					
	♂	55	83	60	48	35					
Полуозимый	♀	90	70	55	43	91	65				
	♂	85	90	80	38	90	65				
L. crepitans	♀	70	65	50	43	30	30	65			
	♂	95	90	65	22	85	80	55			
Колхидский	♀	30	35	50	15	50	50	30	40		
	♂	85	70	90	58	50	60	60	40		
L. usitatissimum ssp. bienne		15	30	20	22	28	17	30	29	25	
	♂	83	58	78	37	85	65	53	33	25	
L. angustifolium	♀	13	8	8	22	7	17	20	25	7	20
	♂	65	65	43	22	65	43	30	23	20	20

Гибридные семена всех комбинаций дали всходы, развились в полноценные растения и завязали семена со всеми родительскими формами, кроме *L. angustifolium* (табл. 3).

Таблица 3. Выщепление дефектных растений среди потомства F_1 при гибридизации между *Linum angustifolium* и представителями различных таксонов льна
Table 3. Excision of defective plants among the F_1 progeny in hybridization between *Linum angustifolium* and representatives of various flax taxa

Родители	Погибшие растения			
	L. angustifolium, ♀		*L. angustifolium*, ♂	
	%	фаза гибели	%	фаза гибели
Долгунец	0		30	проростки
Межеумок	0		10	цветение
Кудряш	0		0	
Крупносемянный	0		0	
Карлик	90	проростки	100	цветение
Полуозимый	0		0	
L. crepitans	100	проростки	100	проростки
Колхидский	0		0	
L. usitatissimum ssp. *bienne*	0		100	проростки

Гибриды F_1 *L. angustifolium* с *L. crepitans* в прямом и обратном скрещиваниях сформировали карликовые, похожие на гаплоиды растения, которые погибли в стадии проростков, что свидетельствует о существенных генетических различиях этих видов.

Гибрид *L. angustifolium* с карликом из Эфиопии образовал 90% дефектных растений, погибших в стадии проростков, в обратном скрещивании погибло 100% растений во время цветения. Гибриды *L. usitatissimum* ssp. *bienne* × *L. angustifolium* также погибли в стадии проростков, тогда как в обратном скрещивании получены полноценные растения. В комбинации *L. angustifolium* (♂) с межеумком В комбинации *L. angustifolium* (♂) с межеумком в F_1 погибло 10% растений, доживших до цветения, тогда как при скрещивании с долгунцом

нежизнеспособными оказались 30% растений, погибших уже на стадии проростков. Этот факт свидетельствует о более позднем возникновении долгунцов, что подтверждает мнение других авторов (Sinskaya, 1954a; Sizov, 1955a). Как показал цитогенетический анализ, растения, полученные в этих комбинациях скрещиваний, имеют 30 хромосом и не являются гаплоидами. Вероятно, гибель гибридов свидетельствует о генетической удаленности таксонов.

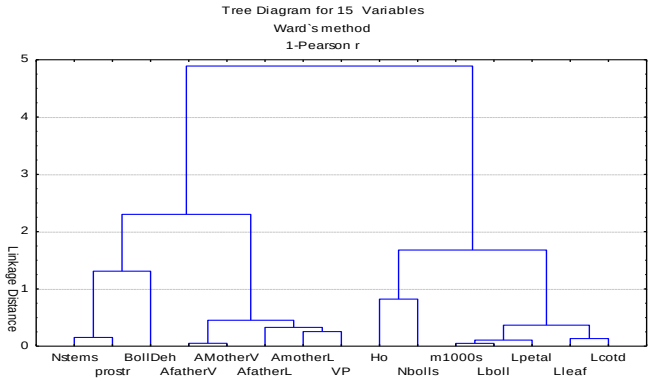
Из приведенных данных следует, что *L. crepitans* не мог произойти от *L. angustifolium*, как считали Ф. Тоблер (Tobler, 1931) и С. В. Юзепчук (Yuzepchuk, 1949) – при скрещивании их между собой полученные семена дали нежизнеспособное потомство.

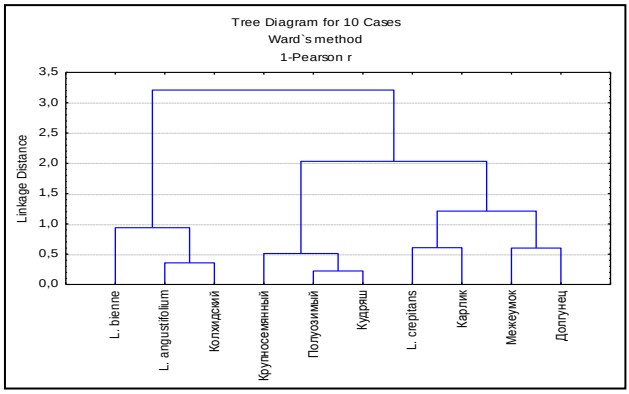
L. crepitans отличается от других таксонов необыкновенно дружным прорастанием семян, характерными для него светло-фиолетовыми цветками с ярко выраженными темно-фиолетовыми жилками и очень ранним созреванием. Если учитывать морфологическое сходство этого вида с межеумком, можно предположить, что он возник значительно позднее, возможно, в результате мутации межеумка, при которой приобрел дополнительный ген растрескивания и неспособность скрещиваться с *L. angustifolium* (Kutuzova, 2009, 2011). Е. Н. Синская (Sinskaya, 1954a) также считала, что *L. crepitans* в своем генезисе связан с культурным льном, а не с дикорастущим и является реверсивной, то есть уклоняющейся в сторону дикаря, формой.

Карлик из Эфиопии, который в качестве материнского компонента в скрещивании с *L. angustifolium* в F_1 давал 100% нежизнеспособных растений, а его потомство со стороны отцовской формы погибло на 90%, значительно удален от этого вида. Он сформировался в горах Эфиопии в условиях изоляции под влиянием жесткой тропической жары и засухи, по всем признакам близок к масличным льнам, но отличается большей пластичностью. Возможно, он произошел от кудряша, завезенного из Индии или Юго-Восточной Азии. По мнению Е. Н. Синской, абиссинские кудряши произошли от исчезнувшей формы *L. angustifolium* (Sinskaya, 1954a).

Колхидский полуозимый стелющийся лен – древняя форма, приближающаяся по морфологическим признакам к *L. angustifolium* и *L. usitatissimum* ssp. *bienne*, но значительно более близкая к культурным льнам. Использовался с доисторических времен на волокно и семена. По мнению Е. Н. Синской (Sinskaya, 1954a), он несомненно произошел от местных переднеазиатских форм *L. angustifolium* и является прародителем кудряшей и степных межеумков. *L. usitatissimum* ssp. *bienne* по комплексу

признаков представляет собой промежуточное звено между *L. angustifolium* и культурным льном, но генетически более близок к *L. usitatissimum* (Golub et al., 2003).





Кластерный анализ изученных форм льна по 15 признакам

Nstems – число стеблей, *prostr* – простратность, *BolDeh* – растрескиваемость коробочек; фаза гибели гибридов F_1 от скрещивания с *Linum angustifolium*: *AMotherV* – как материнской формой, *AFatherV* – как отцовской формой; жизнеспособность гибридов F_1 от скрещивания с *L. angustifolium*: *AMotherL* – как материнской формой, *AFatherL* – как отцовской формой; *VP* – длина вегетационного периода, *Ho* – общая высота, *Nb* – число коробочек, *m1000s* – масса 1000 семян, *Lboll* – длина коробочки, *Lpetal* – длина лепестков, *Lleaf* –длина листьев, *Lcotd.* – длина семядолей.

Cluster analysis of the studied flax forms according to 15 characters

Nstems – number of stems, *prostr* – prostrated, *BolDeh* – dehiscence of bolls; the phase of destruction of F_1 hybrids from crosses with *Linum angustifolium*: *AMotherV* – as the maternal form, *AFatherV* – as the paternal form; the viability of the F_1 hybrids from crossings with L. angostifolium: *AMotherL* – as the maternal form, *AFatherL* – as the paternal form; *VP* – vegetative period duration, *Ho* – overall height, *Nb* – number of bolls, *m1000s* – weight of 1000 seeds, *Lboll* – boll length, *Lpetal* – petal lenghth, *Lleaf* – leave length, *Lcotd.* – length of cotyledons.

К сожалению, эти авторы не имели в своем распоряжении колхидского льна, который значительно ближе к современным культивируемым льнам. Серьезным отличием *L. usitatissimum* ssp. *bienne* от колхидского льна является неспособность давать потомство при гибридизации с *L. angustifolium*, если последний использован в качестве материнской формы. Этот факт свидетельствует также о значительных отличиях *L. usitatissimum* ssp. *bienne* от *L. angustifolium*.

Кластерный анализ изученных образцов льна, проведенный по 15 признакам, включая жизнеспособность проростков F_1, выявил наличие трех кластеров (рисунок). В одном кластере объединились *L. angustifolium* и колхидский лен, немного в стороне от них расположился *L. usitatissimum* ssp. *bienne*. Это свидетельствует о большей филогенетической близости первых двух. Вероятно, *L. usitatissimum* ssp. *bienne* произошел от колхидского льна или *L. angustifolium*.

Во втором кластере оказались полуозимый лен, кудряш и несколько в стороне от них крупносемянный лен, что вызвано некоторыми отличиями последнего от других форм культурного льна и указывает на возможное его происхождение от полуозимого льна или кудряша. Третий кластер образовали *L. crepitans* и карлик, которые обособились от межеумка и долгунца, что подтверждает наши прежние предположения о более позднем возникновении этих форм от культурных льнов. Второй и третий кластеры объединились между собой и подчинены первому кластеру, что предполагает происхождение всех культивируемых льнов от *L. angustifolium* либо от колхидского льна.

Учитывая сходство с культурным льном и нерастрескиваемость коробочек *L. usitatissimum* ssp. *bienne*, можно предположить, что эволюция культурного льна происходила в следующей последовательности:

L. angustifolium (♀) → *L. usitatissimum* ssp. *bienne* → колхидский лен→ кудряш → межеумок → долгунец

Однако сходство с культурным льном может быть истолковано иначе: *L. usitatissimum* ssp. *bienne* мог произойти от колхидского льна или примитивных, наиболее древних культурных форм, для которых, по описанию Е. Н. Синской (Sinskaya, 1954a), характерна простратность, кустистость, незначительное отличие боковых стеблей от главных, замедленный рост, длинные стадии яровизации и световая, более позднее вступление в фазу быстрого прироста, мелкие густые листья, мелкие коробочки и семена, склонность к растрескиванию коробочек, недружное прорастание семян. Все эти признаки свойственны в значительной мере

L. usitatissimum ssp. *bienne*. По данным В. А. Лемеш и Л. В. Хотылевой (Lemesh, Khotyljeva, 2000), изучавших RAPD-методом ряд образцов льна, в одном кластере оказались *L. angustifolium*, *L. usitatissimum* ssp. *bienne*, *L. crepitans* и *L. usitatissimum*. По их мнению, таксономическое положение *L. usitatissimum* ssp. *bienne* неопределенно.

Заключение

Учитывая морфологические различия, скрещиваемость между таксонами, процент погибших гибридных растений и их возрастного состояния при гибели, высказано предположение, что *L. angustifolium* мог быть предком колхидского льна, а также для *L. usitatissimum* ssp. *bienne* (в качестве материнской формы). По-видимому, эволюция основных форм культурного льна могла происходить двумя путями:

1. *L. angustifolium* → колхидский лен → кудряш → межеумок → долгунец
   ↓ ↓ ↓ ↓
   L. usitatissimum ssp. *bienne* — карлик — *L. crepitans* — крупносемянный

   или

2. *L. angustifolium* (♀)→*L. usitatissimum* ssp. *bienne*→колхидский лен→кудряш→межеумок → долгунец
   ↓ ↓ ↓
   карлик — *L. crepitans* — крупносемянный

Карлик из Эфиопии, практически не способный скрещиваться с *L. angustifolium*, и крупносемянный лен, вероятно, являются потомками масличного льна, завезенного в страны Средиземноморья и подвергшиеся влиянию соответствующих условий. *L. crepitans*, не способный давать потомство при гибридизации с *L. angustifolium*, по габитусу сходный с межеумком, скорее всего является мутацией какой-то формы межеумка.

Вероятно, более точно роль *L. usitatissimum* ssp. *bienne* в эволюции культурного льна может быть определена с помощью исследования молекулярными методами гибридов F_1 *L. angustifolium* (как предка) с разновидностями культурного льна.

References/Литература

Bolsheva N. L., Yurkevich O. Y., Nosonova I. V. Karyosystematic study of the genus *Linum* L. // Karyolog. and molecular systematics. St. Petersburg, 2009. P. 21–23 [in Russian] (*Большева Н. Л., Юркевич О. Ю., Носова И. В.* Кариосистематическое исследование рода *Linum* L. // Кариолог. и молекуляр. системат. СПб., 2009. С. 21–23).

Vavilov N. I. The centers of origin of cultivated plants // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1926. Vol. 16. Iss. 2. P. 54–71 [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Центры происхождения культурных растений // Тр. по прикл. бот. ген. и сел. 1926. Т. 16. Вып. 2. С. 54–71).

Vavilov N. I. Geographical variability of plants // Nauchnoe slovo. 1928. N 1. P. 23–33 [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Географическая изменчивость растений // «Научное слово». 1928. № 1. С. 23–33).

Vavilov N. I. World resources of cereals and flax. Moscow – Leningrad: Izd. AN SSSR, 1957. 464 p. [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Мировые ресурсы зерновых культур и льна. М.–Л.: Изд. АН СССР, 1957. 464 с.).

Vavilov N. I. Geographic centers of morphogenesis of main cultivated plants. // Selected works. Vol. V. 1965. P. 21–77. [in Russian] (*Вавилов Н. И.* Географические центры формообразования главнейших культурных растений // Избранные труды. Т. V. 1965. С. 21–77).

Golub I. A, Snopov A. N., Rubanik A. N., Rubanik A. M., Samsonov V. P., Kukresh S. P., Prudnivov V. A. et all. Belarus flax. Minsk, 2003. 245 p. [in Russian] (*Голуб И. А., Снопов А. Н., Рубаник А. Н., Рубаник А. М., Самсонов В. П., Кукреш С. П., Прудниво в В. А.* и др. Лен Беларуси. Минск, 2003. 245 с.).

Zhukovsky P. M. Cultivated plants and their relatives. Leningrad, 1950. 750 p. [in Russian] (*Жуковский П. М.* Культурные растения и их сородичи. Л., 1950. 750 с.).

Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A., Ponazhov V. P., Pavlova L. N. et all. Ecological and genetic principles of fibre flax breeding. Tver. 2009. 271 p. [in Russian] (*Жученко А. А., Рожмина Т. А, Понажев В. П., Павлова Л. Н.* и др. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца. Тверь, 2009. 271 с.).

Kutuzova S. N., Pitko G. G. The study of the flax collection (*L. usitatissimum* L.). Methodological guidelines. Leningrad: VIR, 1988. 29 p. [in Russian] (*Кутузова С. Н., Питько Г. Г.* Изучение коллекции льна (*L. usitatissimum* L.): Методические указания. Л.: ВИР. 1988. 29 с.).

Komarov V. L. The origin of cultivated plants. Leningrad, 1938. 238 p. [in Russian] (*Комаров В. Л.* Происхождение культурных растений. Л., 1938. 238 с.).

Kutuzova S. N. The inheritance of boll dehiscence degree in the subspecies of cultivated flax *Linum usitatissimum* L. // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2009. Vol. 166. P. 156–162. [in Russian] (*Кутузова С. Н.* Наследование степени растрескивания коробочек у подвидов культурного льна *Linum usitatissimum* L. // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2009. Т. 166. С. 156–162).

Kutuzova S. N. Clarifying the issues of intraspecific classification of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2011. Vol. 167. P. 5–22. (in Russian) (*Кутузова С. Н.* Уточнение вопросов внутривидовой классификации культурного льна (*Linum usitatissimum* L.) // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2011. Т. 167. С. 5–22)

Lakin F. G. Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 352 p. [in Russian] (*Лакин Ф. Г.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.).

Kutuzova S. N., Porokhovinova E.A. Intraspecific variability of morphological and economic characters in *L. usitatissimum* L. // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2011. Vol. 167. P. 41–57. [in Russian] (*Кутузова С. Н., Пороховинова Е. А.* Внутривидовая изменчивость *L. usitatissimum* L. по морфологическим и хозяйственно ценным признакам. // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2011. Т. 167. С. 41–57).

Muravenko O. V., Lemesh V. A., Samatadze T. E. et all. The comparison of the genomes of three closely related species of flax and their hybrids using chromosomal and molecular markers // Genetika. 2003. Vol. 39. N 4. P. 510–518. [in Russian] (*Муравенко О. В., Лемеш В. А., Саматадзе Т. Е., Амосова А. В.* и др. Сравнение геномов трех близкородственных видов льна и их гибридов с использованием хромосомных и молекулярных маркеров. // Генетика. 2003. Т. 9. № 4. С. 510–518).

Rachinckaya O. A., Bolsheva N. L., Yurkevich O. Yu. et all. Intervarietal chromosome polymorphism of flax by molecular and cytological markers // Kariol. and molecular. system. St. Petersburg, 2009. P. 24–28 [in Russian] (*Рачинская О. А., Большева Н. Л., Юркевич О. Ю.* и др. Межсортовой хромосомный полиморфизм льна по молекулярно-цитологическим маркерам // Кариол. и молекуляр. систем. СПб., 2009. С. 24–28).

Rachinskaya O. A., Lemesh V. A., Muravenko O. V., Yurkevich O. Yu. et all. Polymorphism of the genome of cultivated flax by molecular and cytological markers. // Genetika. 2011. Vol. 47. N 1. P. 65–77 [in Russian] (*Рачинская О. А., Лемеш В. А., Муравенко О. В., Юркевич О. Ю.* и др. Полиморфизм генома льна посевного по молекулярно-цитологическим маркерам. // Генетика. 2011. Т. 47. № 1. С. 65–77).

Semyenova O. Yu., Amosova L. V., Samatadze T. E. et all. Cytogenetic study of flax from the section *Linum* // Genetics in the 21st century: modern state and prospects of development. Moscow, 2004. P. 301. [in Russian] (*Семенова О. Ю., Амосова Л. В., Саматадзе Т. Е.* и др. Цитогенетическое исследование видов льна из секции *Linum* // Генетика в XXI веке: современное состояние и перспективы развития. М., 2004. С. 301).

Sizov I. A. The evolution of cultivated flax // Problems of botany. 1955a. Iss. II. P. 113–166. [in Russian] (*Сизов И. А.* Эволюция культурного льна // Проблемы ботаники. 1955а. Вып. II. С. 113–166.).

Sizov I. A. Flax. Moscow, 1955b. 253 p. [in Russian] (*Сизов И. А.* Лен. М., 1955б. 253 с.)

Sizov I. A. The impact of meteorological factors and geographical conditions on the growth and development of flax // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1958. Vol. 31, Iss. 3. P. 3–25. [in Russian] (*Сизов И. А.* Воздействие метеорологических факторов и географических условий на рост и развитие льна // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1958. Т. 31. Вып. 3. С. 3–25).

Sizov I. A. On the evolution and genetics of the species *Linum usitatissimum* L. // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1970. Vol. 42. Iss. 1.

P. 3–19. [in Russian] (*Сизов И. А.* Об эволюции и генетике вида *Linum usitatissimum* L. // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1970. Т. 42. Вып. 1. С. 3–19).

Sinskaya E. N. Biological and physiological principles of the classification of cultivated flax // Dokl. AN SSSR. 1953. Vol. 92. N 4. P. 855–858. [in Russian] (*Синская Е. Н.* Биологические и физиологические основы классификации культурного льна // Докл. АН СССР. 1953. Т. 92. № 4. С. 855–858).

Sinskaya E. N. The issues of flax development and growth in connection with organogenesis and accumulation of yield / Collection of works on flax biology and physiology. Moscow, 1954a. P. 5–44. [in Russian] (*Синская Е. Н.* Вопросы развития и роста льна в связи с органообразованием и накоплением урожая / Сб. работ по биол. развития и физиол. льна. М., 1954б. С. 5–44).

Sinskaya E. N. Classification of flax as source material for breeding and its evolution / Collection of works on flax biology and physiology. Moscow, 1954б. P. 45–102. [in Russian] (Синская Е. Н. Классификация льна как исходного материала для селекции и его эволюция / Сб. работ по биол. развития и физиол. льна. М., 1954а. С. 45–102).

Titok V. V., Lemesh V. A., Yurenkova S. I., Khotyleva L. V. Genetics, physiology and biochemistry of flax. Minsk, 2010. 220 p. [in Belarussian] (*Титок В. В., Лемеш В. А., Юренкова С. И., Хотылева Л. В.* Генетика, физиология и биохимия льна. Минск, 2010. 220 с.).

Tobler F. Flax as a fibre and oil plant. Leningrad, 1931. 239 p. [in Russian] (*Тоблер Ф.* Лен как прядильное и масличное растение. Л., 1931 239 с.).

Khrzhanovsky V. G., Ponomarenko S. F., Dogusashvili V. A. Concerning the question of the origin and evolution of the genus *L. angustifolium,* family Linaceae // Izvestiya AN SSSR. Ser. biologicheskaya. 1979. № 5. P. 696–713. [in Russian] (*Хржановский В. Г., Пономаренко С. Ф., Догузашвили В. А.* К вопросу о происхождении и эволюции рода *L. angustifolium* сем. *Linaceae* // Известия АН СССР. Сер. биологическая. 1979. № 5. С. 696–713).

Chernomorskaya N. M., Stankevich A. K. Concerning the question of intraspecific classification of common flax (*Linum usitatissimum* L.) // Breeding and genetics of industrial crops. // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1987. Vol. 113. P. 53–63. [in Russian] (*Черноморская Н. М., Станкевич А. К.* К вопросу о внутривидовой классификации льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.) // Селекция и генетика технических культур // Сб. научн. тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1987. Т. 113. С. 53–63).

Shekhovtseva O. S. Comparative anatomical study of *Linum usitatissimum* L. and *L. angustifolium* Huds. // Genetic diversity of cultivated plants for breeding purposes. St. Petersburg, 1995. Iss. 234. P. 30–31 [in Russian] (*Шеховцева О. С.* Сравнительное анатомическое изучение *Linum usitatissimum* L. и *L. angustifolium* Huds. // Генофонд культурных растений для целей селекции. СПб., 1995. Вып. 234. С. 30–31).

Elladi E. V. Flax. Leningrad, 1928. P. 14–48 [in Russian] (*Эллади Е. В.* Лен. Л., 1928. С. 14–48).

Elladi E. V. Ecological typification of flax // World plant resources. VASKHNIL. 1935. Vol. VI. P. 41–53. [in Russian] (*Элладе Е. В.* Экологическая типизация льна // Мировые растительные ресурсы. ВАСХНИЛ. 1935. Т. VI. С. 41–53).

Elladi E. V. Linum usitatissimum (L.) Vav. consp. nov – Flax // In: Flora of cultivated plants. Moscow– Leningrad, 1940. Vol. VI. P. 109–208. [in Russian] (*Элладе Е. В. Linum usitatissimum* (L.) Vav. consp. nov – Лен // В кн.: Культурная Флора СССР. М.–Л., 1940. Т. VI. С. 109–208).

Yuzepchuk S. V. Flax – Linaceae // In: Flora of the USSR. Moscow – Leningrad, 1949. Vol. XIV. P. 86–103. [in Russian] (*Юзепчук С. В.* Льновые – Linaceae // Флора СССР. М.–Л., 1949. Т. XIV С. 86–103).

Yurkevich O. Yu. Comparative study of the genomes of flax species from the sections *Linum*, *Adenolinum*, *Stellerolinum* of the genus *Linum* using C/DAPI-banding and fluorescent *in situ* hybridization (FISH) // Synopsis of the Ph. D. thesis in biol. sc. Moscow, 2008. 23 p. [in Russian] (*Юркевич О. Ю.* Сравнительное изучение геномов видов льна секций *Linum*, *Adenolinum*, *Stellerolinum* рода *Linum* с использованием C/DAPI-бэндинга и флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH) // Автореф. дисс. …канд. биол. наук. М., 2008. 23 с.).

Ascherson P., Grauber P. Synopsis der mitteleuropäishen // Flora. Bd. 7. Leipzig und Berlin, 1914. P. 81–240.

Gill K. S., Yermanos D. M. Cytogenetic studies of the genus *Linum* L. Hybrids among taxa with 15 as the haploid chromosome number // Crop Sci. 1967. Vol. 7. N 6. P. 623–631.

Kulpa W., Dannert S. Zur Systematic von *Linum usitatissimum* L. // In: Die Kulturpflance. 1962. B. 3. P. 341–388.

Lemesh V. A., Khotyljova L. V. Phylogenetic relationships among varieties of cultivated flax and its wild relatives // Biodiversity and dynamics of ecosystems in North Europa. 2000. Vol. 1. P. 70–72.

Plessers A. G. The variation in fatty acid composition of the seed of *Linum* species // Canad. journ. of gen. and cytol. 1966. Vol. 8. N 2. P. 328–335.

Plonka F. Les varietes de Lin // In: Les varietes de Lin et leur malades. Paris: Institut National de la recherche Agronomique, 1956. P. 8–139.

Singh K., Gill K. S. Evolutionery relationships among *Linum* species // Diss. Abstr. 1967. Vol. 27. N 11. P. 3727.

Tammes T. The Geneticsorthe Genus *Linum* // Bibliographa Genetica. Vol. IV. 1928. P. 1–36.

Yermanos D. M., Gill K. S. Cytology of autotetraploids of *Linum usitatissimum* L. and *L. angustifolium* Huds. and their amphidiploid hybrids // Crop. Sci. 1969. Vol. 9. N 2. P. 249–250.

УДК 634.1:631.527

А. А. Юшев. Отделу генетических ресурсов плодовых культур ВИР 90 лет. Тр. по прикл. бот., ген. и селек**.** Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. С. 370–380. Библ. 29

В статье кратко приведена информация о 90-летней деятельности отдела генетических ресурсов плодовых культур ВИР, который был организован под руководством Н. И. Вавилова как «Отдел плодоводства, огородничества и специальных культур». Его первым заведующим был знаток плодовых культур помолог В. В. Пашкевич, впоследствии академик. В 20-30-х годах была сформирована сеть опытных станций, на которых размещали плодовые, ягодные, орехоплодные, субтропические, декоративные культуры и виноград. Интенсивная интродукционная деятельность началась на станциях сразу, посадочный материал завозили из-за рубежа и привлекали выявленный в результате экспедиционных обследований. Известны имена многих ученых-плодоводов, внесших неоценимый вклад в пополнение и изучение генофонда самых различных плодовых и ягодных растений. Это ученые-соратники Н. И. Вавилова: П. Н. Богушевский, Р. П. Бологовская, Я. Ф. Кац, Н. И. Кичунов, Н. В. Ковалев, К. Ф. Костина, Ф. А. Крюков, Ф. Д. Лихонос, А. М. Негруль, Н. М. Павлова, М. А. Розанова, Г. А. Рубцов, В. А. Рыбин, Г. Г. Тарасенко. К 2015 г. генофонд, собранный на опытных станциях института, насчитывает 22 750 образцов, в том числе семечковые культуры – 5913, косточковые – 7445, ягодные – 4227, прочие плодовые – 439, декоративные – 1587, виноград – 3031. Коллекции включают дикорастущие и культигенные виды, староместные и новые селекционные сорта, источники и доноры ценных селекционных и хозяйственных признаков.

Ключевые слова: генофонд, опытные станции, плодовые, ягодные культуры

A. A. Yushev . The 90th anniversary of the department of fruit crop genetic resources at VIR. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 176. Iss. 4. SPb.: VIR, 2015. P. 370–380. Bibl. 29

The article summarizes information about the 90-year activities of VIR’s Department of Fruit Crop Genetic Resources. This Department was organized at the initiative of N. I. Vavilov as the Department of Fruit Growing, Horticulture and Special Crops. Its first head was an expert in fruit crop pomology V. V. Pashkevich who later became academician. In the 1920-30s a network of experiment stations was established to grow fruit-trees, berries, nut-bearing plants, subtropical and ornamental crops, and grapes. Active plant introduction efforts were immediately launched at these stations; planting materials were imported from abroad or selected among the germplasm collected during plant explorations. Many well-known scientists contributed much to the replenishment and study of the genetic diversity of various fruit and berry plants. Among them were such Vavilov’s associates as P. N. Bogushevsky, R. P. Bologovskaya , J. F. Katz, N. I. Kichunov, N. V. Kovalev, K. F. Kostina, F. A. Kryukov, F. D. Likhonos, A.M. Negrul, N. M. Pavlova, A. M. Rozanova, G. A. Rubtsov, V. A. Rybin, G. G. Tarasenko. By 2015, the fruit crop genetic diversity at the Institute’s experiment stations reached 22 750 accessions: among them 5913 are pome plants, 7445 drupes, 4227 berries, 439 other fruits, 1587 ornamentals and 3031 grapes. Collections include wild and cultigen types, old and new cultivated varieties, sources and donors of valuable breeding and economic traits.

Key words: genetic diversity, experiment stations, fruit and berry crops.

УДК 630.114.25:630.114.521.5

И. А. Косарева. Иван Иванович Туманов – выдающийся специалист в области физиологии устойчивости растений. Тр. по прикл. бот., ген. и селек**.** Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. С. 381–390. Библ. 7

В 2014 г. научная общественность отмечала 120 лет со дня рождения известного специалиста в области физиологии устойчивости растений И. И. Туманова. В статье изложены биографические сведения и основные научные достижения И. И. Туманова. Обсуждается его роль в становлении исследований по изучению коллекций растений по признакам абиотической устойчивости.

Ключевые слова: И. И. Туманов, физиология устойчивости, методы, морозоустойчивость, зимостойкость.

I. A. Kosareva. Ivan Ivanovich Tumanov: a famous specialist in the physiology of abiotic plant resistance. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 176. Iss. 4. SPb.: VIR, 2015. P. 381–390. Bibl. 7

In 2014, the scientific community celebrated 120 years since the birth of a well-known expert in plant resistance physiology I. I. Tumanov. The publication contains biographical information and main scientific achievements of I. I. Tumanov. His role in the development of researching plant collections for abiotic resistance is discussed.

Key words: I. I. Tumanov, physiology of resistance, methods, frost resistance, winter hardiness.

УДК 551.583: 631.524.02

Л. Ю. Новикова, С. Н. Травина, Т. Э. Жигадло, Л.Г. Наумова, Е. В. Зуев. Качество урожая сельскохозяйственных культур на европейской территории РФ в условиях изменения климата. Тр. по прикл. бот., ген. и селек**.** Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. С. 391–401. Библ. 11

Показан положительный тренд содержания крахмала в клубнях картофеля в условиях Мурманской области и сахаристости ягод винограда в условиях Ростовской области с 90-х годов прошлого века. Исследована погодная зависимость содержания белка в пшенице в опытах 1963–1993 гг. на четырех опытных станциях Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Выявлена прямая зависимость изученных показателей качества от сумм температур выше 15°С и обратная – от сумм осадков за этот период.

Ключевые слова: изменения климата, качество урожая, картофель, виноград, пшеница

L. Yu. Novikova, S. N. Travina, T. E. Zhigadlo, L. G. Naumova, E. V. Zuev. Quality of crop yield in the european territory of the Russian Federation under the conditions of climate change. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 176. Iss. 4. SPb.: VIR, 2015. P. 391–401. Bibl. 11

The positive trend of starch content in potato tubers under the conditions of Murmansk Province and sugar content in grapes under the conditions of Rostov Province is shown for the period of the 1990s. Weather dependence of protein content in wheat was investigated in the experiments of 1963–1993 at four experimental stations of the Vavilov Institute. Direct dependence of the studied quality indicators on the sum of temperatures above 15°C and inverse dependence on the sum of rainfall for this period have been identified.

Key words: climate change, quality of yield, potato, grapes, wheat

УДК 57.045; 633.11; 633.16

Л. В. Осипова, И. А. Быковская. Влияние почвенной засухи на гетерогенность сортовой популяции пшеницы и ячменя. Тр. по прикл. бот., ген. и селек**.** Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. С. 402–415. Библ. 22

В вегетационных опытах с пшеницей и ячменем выявлена гетерогенность сортов по устойчивости растений к нарастающей почвенной засухе. Установлено, что степень выраженности неоднородности сортовых популяций зависит от условий минерального питания и продолжительности стресса.

Ключевые слова: пшеница, ячмень, сортовые популяции, засуха.

L. V. Osipova, I. A. Bykovskaya. Тне effect of soil drought on heterogeneity of the varietal population of wheat and barley. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 176. Iss. 4. SPb.: VIR, 2015. P. 402–415. Bibl. 22

In vegetative experiments with summer grain wheat and barley, heterogeneity of varieties in their resistance to an increasing soil drought has been revealed. It is established that the degree of expression of heterogeneity in varietal populations depends on the conditions of mineral nutrition and the duration of a stress.

Key words: wheat, barley, high-quality populations, drought.

УДК 634.2:631.541.11:631.526.1/.4

Г. В. Еремин, В. Г. Еремин. Использование генофонда дикорастущих видов рода *Prunus* L. в селекции клоновых подвоев косточковых культур. Тр. по прикл. бот., ген. и селек**.** Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. С. 416–425. Библ. 5

Из генофонда видов рода *Prunus* L., насчитывающего свыше 5000 генотипов, на Крымской опытно-селекционной станции выделены источники и доноры значимых в селекции клоновых подвоев признаков: адаптивности к биотическим и абиотическим стрессам, способности легко размножаться вегетативно, слаборослости и т. д. В результате пребридинга созданы доноры, сочетающие несколько селекционных признаков.

Ключевые слова: генофонд, клоновые подвои, доноры, генотип, устойчивость, пребридинг, гибриды, виды, признаки.

G. V. Eremin, V. G. Eremin. Use of the genetic diversity of wild *Prunus* L. species in breeding of clonal rootstocks of stone fruit crops. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 176. Iss. 4. SPb.: VIR, 2015. P. 416–425. Bibl. 5

Sources and donors of traits important for clonal rootstock breeding have been selected from the genetic diversity of *Prunus* L. numbering over 5000 genotypes maintained at Krymsk Experimental Breeding Station: adaptability to biotic and abiotic stresses, easy vegetative reproduction ability, dwarfness, etc. As a result of prebreeding, donors combining several breeding traits have been developed.

Key words: genetic diversity, clonal rootstocks, donors, genotype, resistance, prebreeding, hybrids, species, traits.

УДК 634.22

А. С. Сиднин. Волгоградские сорта сливы – исходный материал для селекции на продуктивность и крупноплодность. Тр. по прикл. бот., ген. и селек**.** Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. С. 429–435. Библ. 4

Приведены сведения о сортах сливы, рекомендуемых для селекции на продуктивность и крупноплодность

Ключевые слова: слива, сорт, селекция, продуктивность, крупноплодность

A. S. Sidnin. Volgograd plum varieties as source material for breeding to increase productivity and fruit size. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 176. Iss. 4. SPb.: VIR, 2015. P. 429–435. Bibl. 4

Information is provided on promising plum varieties that are recommended for breeders seeking an increase of productivity and fruit size.

Key words: plum, variety, breeding, productivity, large fruit size.

УДК 633.521: 631.52.581.167

С. Н. Кутузова, Е. А. Пороховинова, Г. И. Пендинен. Происхождение и эволюция *Linum usitatissimum* L. Тр. по прикл. бот., ген. и селек**.** Т. 176. Вып. 4. СПб., 2015. С. 436–455. Библ. 44

Проведено полное циклическое скрещивание между представителями различных таксонов культурного льна – *Linum usitatissimum* L., включая примитивные формы, и дикорастущим видом *L. angustifolium* Huds. и наблюдение за гибридным потомством. Об эволюционных связях между различными формами культурного льна судили по сходству их морфологических признаков, способности скрещиваться между собой и с видами *L. angustifolium* и *L. usitatissimum* ssp. *bienne* (Mill.) Stankev. и давать жизнеспособное потомство. Подтверждено предположение, что *L. angustifolium* послужил предком колхидского льна, от которого могли произойти последовательно кудряш, межеумок и, наконец, долгунец, как считала Е. Н. Синская. Прародителем *L. usitatissimum* ssp. *bienne* также мог быть *L. angustifolium* в качестве материнской формы или колхидский лен. Крупносемянный лен и растрескивающийся лен (*L. crepitans* Dum.) могли произойти от межеумка, карлик – от кудряша. Полуозимый лен является формой обычного масличного льна, высеваемого под зиму в районах с мягким климатом.

Ключевые слова: формы льна, гибридизация, способность скрещиваться, жизнеспособность гибридов, эволюция.

S. N. Kutuzova, E. A. Porokhovinova, G. I. Pendinen. Origin and evolution of *Linum usitatissimum* L. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. Vol. 176. Iss. 4. SPb.: VIR, 2015. P. 436–455. Bibl. 44

A complete cyclic crossing between representatives of different taxa of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.), including its primitive forms, and the wild species *L. angustifolium* Huds. was carried out, and hybrid progeny was studied. On the basis of the similarity of morphological features, and the ability to cross with each other and with the species *L. angustifolium* and *L. usitatissimum* ssp. *bienne* (Mill.) Stankev. with viable progeny, it was suggested that *L. angustifolium* had been the ancestor of Colchian flax, from which the linseed, intermediate and finally fibre forms consequentially evolved. The ancestor of

L. usitatissimum ssp. *bienne* could be *L. angustifolium*, as the female form, or Colchian flax. For large-seeded flax and *L. crepitans* Dum., the ancestor could be the intermediate flax; for the dwarf flax, the crown flax. Winter flax is a form of the conventional oilseed flax sown before the start of the winter season in the areas with mild climate.
Key words: flax forms, hybridization, crossability, viability of hybrids, evolution.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ИЗДАНИЯ ВИР
«Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции»

I. Общая информация

В издании «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» публикуются обзорные, аналитические и дискуссионные статьи по всем разделам работы с генетическими ресурсами растений; результаты оригинальных экспериментальных исследований по генетике, селекции, физиологии, биохимии, иммунитету и др.; краткие сообщения. Принимаются также рецензии и материалы научной хроники.

Журнал выходит четыре раза в год. Языки публикации: русский, английский.

Для рассмотрения редколлегией рукописи статьи авторам необходимо предоставить в редакцию следующие документы

- Полный текст рукописи и иллюстрации в электронном виде (e-mail: **trudyVIR@vir.nw.ru**) в виде прикрепленного файла
- Подписанное автором(-ами) гарантийное письмо;
- Сведения об авторе (авторах): фамилия, имя и отчество, место работы и адрес, должность, номер контактного телефона, электронная почта. Необходимо также указать лицо, с которым редакция будет вести переговоры и переписку.

К публикации в издании «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» принимаются статьи, прошедшие рецензирование. Решение о публикации принимает редакционная коллегия журнала на основании экспертных оценок рецензентов. Рукопись, получившая отрицательные отзывы двух независимых рецензентов, решением редколлегии отклоняется. Статью, нуждающуюся в доработке, направляют авторам с замечаниями рецензента и редактора выпуска. **Авторы должны учесть все замечания, сделанные в процессе рецензирования и редактирования статьи, а также аргументировать спорные моменты, если таковые имеются.** Сделанные автором изменения в рукописи необходимо внести в присланный из редакции электронный вариант текста и возвратить в редакцию в указанные сроки. После доработки статья повторно рассматривается на редколлегии, и последняя принимает решение о возможности ее публикации.

Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет.

Редакция просит авторов при подготовке и направлении рукописей статей в журнал руководствоваться изложенными ниже правилами. Рукописи, оформленные без соблюдения правил, редакционной коллегией не рассматриваются. Все присланные материалы не возвращаются. О принятом решении авторы будут проинформированы по электронной почте.

II. Тематика публикаций

1. Мобилизация и сохранение генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей
2. Изучение и использование генетических ресурсов растений
3. Коллекции мировых генетических ресурсов культурных растений для развития приоритетных направлений селекции.
4. Генетика культурных растений и их диких родичей
5. Успехи отечественной селекции на современном этапе
6. Идентификация генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей для решения фундаментальных и прикладных проблем
7. Систематика, филогения и география культурных растений и их диких родичей
8. Иммунитет культурных растений и их диких родичей
9. Краткие сообщения
10. Обзоры
11. История агробиологических исследований и ВИР. Славные имена.
12. Рецензии, отзывы

III. Объем и структура публикации

Объем обзорных, проблемных и аналитических статей – не более **20** страниц компьютерного текста с указанными ниже параметрами, экспериментальных – не более **15** страниц компьютерного текста. В этот объем входят: резюме (на русском и английском языках), реферат (на русском и английском языках), ключевые слова (на русском и английском языках), основной текст, список литературы, таблицы и/или иллюстрации и подписи к ним (на русском и английском языках). Статьи, превышающие данные объемы, принимаются по решению редколлегии.

Текст электронной версии, предлагаемой для публикации статьи, должен быть набран в текстовом редакторе Word for Windows и сохранен, желательно, в формате *.**rtf.**

Имя файла должно соответствовать фамилии и инициалам основного автора статьи, написанным латинскими буквами (например, Petrov_SN.rtf). Шрифт текста – Times New Roman, размер шрифта −**14 пт**, без переносов, выравнивание по ширине текста. Межстрочный интервал – одинарный. Все поля – по 2 см. Номера страниц не проставляют. Формат бумаги А4.

IV. Требования к содержанию

Статья должна быть ясно изложена и четко структурирована. При этом необходимо придерживаться следующей структуры текста:

– ***резюме*** на русском и английском (***summary***) языках (~30–100 слов)
– ***реферат*** на русском и английском (***abstract***) языках объемом не менее 0,5 страницы (250–350 слов), реферат на английском не должен являться точным переводом и может существенно превышать русский вариант;
– ***ключевые слова*** (не менее четырех) на русском и английском (***key words***) языках, не должны повторять слова, используемые в названии статьи;
– ***текст статьи***
– ***references/литература*** на английском и русском языках.

При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

Введение
Материалы и методы
Результаты и обсуждение
Заключение или **Выводы**

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать резюме, реферат, ключевые слова, список литературы.

Для статей на русском языке рекомендуется приведение обширного англоязычного реферата.

1. Требования к оформлению заглавия

Заглавие статьи должно быть максимально кратким и четко отражать содержание.

Перед названием статьи в левом верхнем ряду проставляют УДК, размер шрифта **14 пт**. Название статьи набирают **заглавными буквами полужирным шрифтом**, размер шрифта **14 пт** (включая латынь), расположение по центру.

Информация об авторах. Инициалы и фамилия (фамилии) авторов набирают **строчными буквами полужирным шрифтом**, размер шрифта **14 пт**, расположение по центру. Между инициалами и фамилиями авторов сочетаниями клавиш

Ctrl+Shift+пробел

устанавливают неразрывные пробелы, чтобы исключить их разъединение на две строки. Сведения об авторе (авторах) включают название (названия) научного учреждения, полный юридический адрес организации, включая индекс, город, страну, e-mail автора (ов) (буквы строчные, начертание шрифта обычное, размер шрифта **14 пт**). Все адресные сведения, должны быть представлены на русском и английском языках, в том числе город и страна. Наименование улицы не переводится на английский язык, а дается транслитерацией. Если авторы работают в разных учреждениях, после фамилии автора ставят надстрочный номер, которому ниже соответствуют сведения. Расположение по центру. Необходимо корректное и качественное представление названий организаций и места работы авторов – **как на русском, так и на английском языках.** Единственно верный вариант такого представления – полное (и полное переводное) официально принятое название организации, города и страны. При этом следует указывать только ту часть названия организации, которая относится к понятию юридического лица, т. е. не указывать названий кафедры, лаборатории, другого структурного подразделения внутри организации. Не следует переводить на английский язык преамбулы к названиям, определяющие тип, статус организации (ФГБУН, ФГОУ, ФГУП и т. п.).

ОБРАЗЕЦ

УДК _____

< пустая строка >

Изменчивость глиадинкодирующих локусов
у местных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.)

< пустая строка >

А.°Ю.°Драгович[1], А.°В.°Фисенко[1], О.°П.°Митрофанова[2]
[1]Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова,
119991, Россия, ГСП-1 Москва, ул. Губкина, д. 3,
e-mail: dragova@mail.ru
[2]Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

< пустая строка>

Далее следуют **резюме, реферат** и **ключевые слова**. Расположение по ширине.

< пустая строка>

Genetic variability at gliadin coding loci and possible
pathways spreading of common wheat (*Triticum aestivum* L.)

< пустая строка >

A.°Yu.°Dragovich[1], A.°V.°Fisenko[1], O.°P.°Mitrofanova[2]
[1]N. I. Vavilov Institute of General Genetics, 3, ul. Gubkina, GSP-1 Moskow, 119991 Russia,
e-mail: dragova@mail.ru
[2]The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, ul. Bol'shaya Morskaya, St. Petersburg, 190000 Russia,
e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

< пустая строка>

Далее следуют **summary, abstract** и **key words**. Выравнивание по ширине.

2. Требования к оформлению реферата

Реферат необходимо представить в достаточно развернутом виде – это относится, в первую очередь, к англоязычному варианту, поскольку для международного сообщества он будет являться основным источником данных. Именно поэтому допускается расширение английского реферата до объема в 250–350 слов. В нем должны быть четко и конкретно перечислены основные результаты, выводы, при необходимости – методы и объекты. Не рекомендуется использование формулировок типа «… в статье рассмотрены вопросы…» и «… обсуждается проблема...». Написание реферата – важная составляющая цитируемости работы в мировой научной периодике.

Для исследовательских статей должны быть четко и конкретно перечислены **Актуальность (Background)**, **Результаты (Results)**, **Выводы (Conclusion)**, при необходимости – **Объект (Objective), Материалы и методы (Materials and methods)**.

Для описательных статей выделение отдельных блоков не требуется.

ОБРАЗЕЦ

Abstract

Background. The great number of peroxidase genes are presented 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 the plants. **Materials and methods.** Identification, sequencing and phylogenetic comparison of gene fragment *TC151917* (A333699.1) were performed in different wheat species. **Results and conclusion.** 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 *Aegeilops* species, gene of peroxidase.

3. Требования к оформлению текста

Во **Введении** необходимо четко определить круг рассматриваемых в статье вопросов, лаконично описать суть исследуемой проблемы, актуальность. Завершается введение постановкой цели исследовательской работы.

В разделе **Материалы и методы** необходимо привести список и характеристики использованного материала (происхождение образцов, даты сбора и т. п.), последовательно перечислить все использованные в работе методы. Для общераспространенных методов достаточно привести ссылки на источники данных. Для менее популярных методов необходимо изложить их суть и/или особенности использованных модификаций. Новые, малораспространенные и оригинальные методы должны быть описаны достаточно подробно для воспроизведения их другими научными коллективами. При необходимости приводятся схемы экспериментов, маршруты экспедиций и т. п. В случае использования в ходе выполнения исследования приборов, выбор которых мог повлиять на результаты работы, а также новых и уникальных приборов, в рукописи должны быть указаны их марки и в скобках фирма и страна-производитель.

В разделе **Результаты** последовательно и подробно излагаются полученные данные. Важным является выбор наиболее простой и доступной для читателя формы представления данных (текстовая, графическая или табличная). Рекомендуется сначала изложить полученные данные, а затем приступить к их интерпретации, сравнению и дискуссии.

Завершает текст статьи **Заключение** или **Выводы.**

- Названия разделов набирают строчными буквами на отдельной строке, располагают по центру и от предыдущего и следующего ниже абзацев отделяют одной пустой строкой, размер шрифта **14 пт**, начертание шрифта полужирное.

- Текст разделов набирают строчными буквами, размер шрифта **14 пт**, начертание шрифта обычное.
- При использовании в тексте сокращений необходимо давать их расшифровку при первом упоминании, например, дикие родичи культурных растений (ДРКР). Общепринятые аббревиатуры даются без расшифровки, например, ДНК, ПЦР, КОЕ и т. п.
- При оформлении систематических обзоров и описании новых таксонов необходимо пользоваться правилами Международного кодекса ботанической номенклатуры. Латинские названия растений должны быть приведены по новейшим источникам (это не касается понимания границ таксонов). Названия таксонов рангом выше рода пишут прямым шрифтом (Fabaceae), название рода и ниже – курсивом; фамилии авторов и слова, определяющие ранг таксона – прямым шрифтом. При первом упоминании в тексте родовое название приводят без сокращений, далее по тексту его обозначают одной прописной (первой) буквой, а видовой эпитет пишут полностью: *Triticum durum* Desf., *T. aestivum* subsp. *hadropyrum* var. *schrederi* Udacz.
- Авторы таксонов приводятся в тексте статьи только при первом упоминании. Необходимо помнить, что в реферате, резюме, в заголовках таблиц и рисунков названия таксонов приводятся с авторами.
- Названия и символы генов печатают курсивом, а названия их продуктов – прямым шрифтом, например, гены *Vrn1, af, det, sym*; белки hsp 70, АТМ и т.п. Названия фагов и вирусов набирают прямым шрифтом.
- Обозначение молекулярного размера (длины) фрагментов ДНК (пар нуклеотидов) следует давать без точек и со строчной буквы **(пн).**
- Для обозначения знаков умножения и скрещивания используют ***символ*** (×).
- Дефис обозначают минусом (-), для тире (–) используют сочетание клавиш **Ctrl+ «минус»**
- Все величины должны быть выражены в единицах измерения, утвержденных ГОСТами или в Международной системе единиц (СИ). В качестве разделителя в десятичных дробях используется запятая, а не точка.
- При указании температуры используют ***символ*** «градус» (°), а не букву «о».
- Общепринятые сокращения русского языка: должны содержать неразрывные пробелы: т.°е., т.°д., т. п.
- Фенофазы пишутся с маленькой буквы через дефис, а не тире, без кавычек и скобок: **всходы-цветение**.
- Если специалист не уверен в точности названия образца, то пишется следующим образом: **образцы коллекции, поступившие из страны____ под названием _____.**
- При использовании в тексте цитат следует указывать автора, год и страницу (Author, 2014. P. 67). При цитировании таблицы или рисунка следует указывать (по А. А. Автору, год)

4. Требования к оформлению литературы

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008 и требованиями библиографической и реферативной базы данных **Scopus.**

После текста статьи приводятся процитированная литература «**References/Литература**». Сам список литературы приводится после основного текста в порядке латинского алфавита.

Для статей, которые **не** имеют английских (немецкого, французского) названия и резюме необходимо привести английский перевод названия статьи, транслитерированное название статьи; транслитерированное названия журнала, перевод названия журнала, выходные данные по порядку – год, том (номер и т. д), страница; в скобках ссылка на оригинальный язык статьи, если он не английский, немецкий, французский [**in Russian**]; русский вариант библиографии.

Author A. A., Author B. B. Title of article (Nazvanie stat`i). *Nazvanie zhurnala – Title of Journal*, 2005, vol. 10, no 2, pp. 49–53 [**in Russian**] (*Автор А. А., Автор Б. Б.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 10. № 2. С. 49–53).

Для статей, имеющих английские (немецкие, французские) названия и резюме транслитерация не требуется, но:

– если журнал не имеет официального английского названия, оно транслитерируется и переводится на английский язык:

Author A. A., Author B. B. Title of article. ***Nazvanie zhurnala – Title of Journal***, 2005, vol. 10, no 2, pp. 49–53 [**in Russian**] (*Автор А. А., Автор Б. Б.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 10. № 2. С. 49–53).

– журнал имеет официальное английское название:

Author A. A., Author B. B. Title of article. ***Title of Journal***, 2005, vol. 10, no 2, pp. 49–53 [**in Russian**] (*Автор А. А., Автор Б. Б.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 10. № 2. С. 49–53).

Не допускается цитирование электронных публикаций, не имеющих постоянного адреса в сети Интернет (например, новостных лент). Цитируемые источники из сети Интернет должны иметь как минимум название, авторство и информацию о дате публикации (год). Ссылки на электронные научные издания, зарегистрированные ФГУП НТЦ «Информрегистр», разрешаются наравне со ссылками на другие научные издания, опубликованные на бумажных носителях. В англоязычных статьях ссылка на русскоязычный оригинал цитируемой работы опускается (приводится только транслитерация и/или перевод). Таблица транслитерации с использованием буквосочетаний согласно ГОСТ 7.79 – 2000, находится на сайте: http://transliteration.ru/gost-7-79-2000/

Для транслитерации русского текста на латиницу можно использовать бесплатный сайт **http://www.translit.ru.**

Если цитируемый в статье источник имеет идентификатор электронного документа (статьи) – DOI, тогда он указывается в конце источника

Количество используемых источников не более 20, исключение из данного правила для обзорных статей

5. Требования к оформлению таблиц и рисунков

Таблицы должны быть размещены в основном тексте статьи. При оформлении таблицы используют инструменты редактора Word в разделе таблица. Слово «Таблица 3.» с точкой. Название таблицы – 14 пт, выравнивают по центру. Между названием и таблицей – пустая строка. В названиях заимствованных рисунков и таблиц следует

указывать авторов (по И. И. Иванову, 2000). Таблицы, если их больше одной, должны иметь порядковые номера. Каждая таблица и все графы в ней должны иметь заголовки. Сокращения слов (кроме общепринятых) в таблицах не допускаются. Содержание таблиц не должно дублировать текст. Не следует включать в таблицы столбцы и строки, состоящие из одинаковых значений (т. е. из значений, не меняющихся от строки к строке). Эти случаи следует особо оговорить в Примечании к таблице или в тексте. Если данные отсутствуют ставится прочерк.

Таблица 3. Название таблицы
Table 3. Table name

Все заголовки строк и граф должны быть даны на русском и английском языках.

Рекомендуемый размер шрифта в таблице 12 пт., при высокой плотности материала – не менее 10 пт. Все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы в сносках к таблице. В таблице обязательны вертикальные и горизонтальные линии сетки, кроме левой и правой боковых линий. Если таблица не поместилась на одной странице, то шапка таблицы повторяется на каждой странице. Если в статье только одна таблица, то номер не ставят. Ссылка на таблицу в тексте: таблица°3 или (табл. 3). При повторном упоминании той же таблицы ставится (см. табл. 3). Если в статье только одна таблица, то номер не ставят, в тексте: таблица или (таблица) в скобках.

Рисунки (включая схемы, графики, диаграммы) должны быть размещены в основном тексте и представлены **дополнительно** прикрепленными файлами (jpeg, tiff; xls, xlsx – форматы excel) к статье. Все рисунки должны быть пронумерованы. Если рисунок один, то номер не ставится. Слово «Рис.°2.» с точкой. Название рисунка – 14 пт. Расположение по центру. Ссылка на рисунок в тексте: рис.°2, на часть рисунка − рис.°2а. Если в статье только один рисунок, то номер не ставят и слово «рисунок» не сокращают. При размещении рисунка в тексте следует выставить обтекание текста «перед текстом» (раздел работа с рисунками – формат – обтекание текстом), текст раздвинуть «пустой строкой». Рисунки могут быть многоцветными (для онлайн издания), но должны иметь копии: с оттенками серого, черно-белыми или монохромными (для печатного издания). Подрисуночные подписи должны быть даны на русском и английском языках.

Рис. 1. Название рисунка
Fig. 1. The title of the picture

Отсканированные рисунки должны иметь разрешение не менее 300 dpi, если рисунок мелкий – 600 dpi и сохранены в формате jpeg или tiff. **Размер текста в иллюстрациях 12 пт.**

Если авторы желают выразить признательность отдельным лицам и/или научным фондам, оказавшим содействие при выполнении работы, то соответствующая информация приводится в конце статьи перед списком литературы.

V. Редакционная подготовка

Рукопись считается поступившей в редакцию сразу после получения электронной версии с подписями авторов.

Все рукописи направляются двум независимым экспертам для рецензирования. В случае возникновения спорных ситуаций и неоднозначных результатов рецензирования, рукопись может быть отправлена еще одному или двум рецензентам. При подаче материала в редакцию авторы вправе указать фамилии коллег, с которыми у них есть конфликт интересов; в этом случае рукопись будет отправлена на рецензирование другим экспертам.

По рекомендации рецензентов рукопись может быть одобрена, направлена авторам на доработку или отклонена. Возвращение рукописи автору на доработку не означает, что она принята к печати. Авторы должны вносить исправления только в вариант, присланный из редакции. Ответ на замечания рецензентов может быть вставлен в конце статьи после литературы. После получения доработанного текста рукопись вновь рассматривается редколлегией. Рукопись, задержанная на исправлении более двух месяцев или требующая серьезной переработки, рассматривается как вновь поступившая.

Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку, в т. ч. в название работы (с согласия автора). В печать принимаются только доработанные и отредактированные рукописи, имеющие сопроводительный документ (подписанный авторами договор о передаче авторских прав).

Редакция посылает автору по электронной почте на проверку корректуру статьи. В корректуре допускается внесение лишь незначительных изменений в тексте и таблицах.

Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

На последней странице указывают:

1. Электронный адрес (e-mail) автора
2. Почтовый адрес с индексом
3. ФИО автора, с которым предпочтительно вести переписку,
4. Номер контактного телефона, служебного или домашнего.
5. Информация обо всех соавторах, которая должна содержать инициалы и фамилии, перечисление ученых степеней, названия организаций, в которых автор (или авторы) работают.

Подписной индекс каталога Роспечать 80333

RULES FOR THE AUTHORS OF THE VIR PUBLICATION
Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding

I. General Information

The journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding* publishes scientific surveys, analytical papers and discussable articles on all aspects of the work with plant genetic resources; results of original experimental research in genetics, plant breeding, physiology, biochemistry, immunology, etc.; and brief reports. Reviews and materials of science chronicles are also accepted.

The journal is published four times a year. The languages of publication are Russian and English.

For a manuscript to be considered by the Editorial Board, the authors are required to submit the following documents to the editors:

- Complete text of the manuscript and illustrations in electronic format (e-mail: trudyVIR@vir.nw.ru) sent as an attached file;
- Letter of warranty signed by the author(s) (*Appendix 1*);
- Information about the author(s): family name, first name and patronymic, place and address of employment, position, contact telephone number, and e-mail address. A contact person should also be identified for the editors to communicate and correspond with.

Only peer-reviewed articles shall be accepted for publication in the journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. Decision on publication is taken by the Editorial Board of the journal on the basis of peer reviews. A manuscript that received negative reviews from two independent reviewers will be rejected by the Editorial Board's decision. If an article needs amending it is returned to the author(s) together with the remarks of the reviewer and the editor in charge of the issue. **The authors should take into account all the remarks made during peer reviewing and editing of the article, and provide arguments for any debatable issues, if any.** Amendments made by the author(s) in the manuscript should be incorporated into the electronic version of the text received from the editors and returned to the editors within the prescribed period of time. The amended article is once again considered by the Editorial Board who will decide on the possibility of its publication.

The journal provides reviewing for all materials submitted to the editors and conforming to its subject areas with the purpose of their expert examination. All reviewers are recognized specialists in the subject areas of the reviewed materials and have published works in the subject area of the reviewed article within the past 3 years. The reviews are kept by the journal's publishers and editors for the next 5 years.

The editors request the authors to abide by the guidelines below while preparing and sending manuscripts to the journal. Those manuscripts whose format does not conform to these guidelines will not be considered by the Editorial Board. All received materials will not be returned. The author(s) will be informed by e-mail on the decision taken.

II. Subject areas of publications

1. Mobilization and conservation of the genetic diversity of cultivated plants and their wild relatives
2. Studying and utilization of plant genetic resources
3. Collections of the world's crop genetic resources for the development of priority plant breeding trends
4. Genetics of cultivated plants and their wild relatives
5. Progress in domestic plant breeding at the present stage
6. Identification of the diversity of cultivated plants and their wild relatives for solving fundamental and applied problems
7. Systematics, phylogeny and geography of cultivated plants and their wild relatives
8. Immunity of cultivated plants and their wild relatives
9. Brief reports
10. Surveys
11. History of agrobiological research and VIR. Names of renown.
12. Reviews and criticism.

III. Publication volume and structure

The volume of surveying, problem-oriented and analytical articles should not exceed **20** pages of computerized text according to the parameters below, while descriptions of experiments should cover no more than **15** pages of computerized text. This volume includes a summary (in Russian and English), abstract (in Russian and English), key words (in Russian and English), main text, list of references, tables and/or illustrations and their captions (in Russian and English). Articles exceeding these volumes may be accepted by the Editorial Board's decision.

The text of the electronic version of an article offered for publication should be typeset in *Word for Windows* text editor and saved preferably in *.**rtf** format.

The file name should comply with the family name and initials of the article's main author in Latin characters (e.g. Petrov_SN.rtf). The font of the text shall be Times New Roman, font size **14pt**, without hyphenation, with fully justified alignment. Single interline spacing should be used. All margins are 2 cm. No page numbers should be inserted. Paper size is A4.

IV. Requirements for contents

An article should be clearly formulated and accurately structured. With this in view, the following text structure is to be observed:

– ***summary*** in the Russian and English languages (~30–100 words)
– ***abstract*** in the Russian and English languages, no less than 0.5 pages in volume (250–350 words); the abstract in English need not be the exact translation from Russian and may considerably exceed the Russian version;
– ***key words*** (no less than four) in the Russian and English languages; they should not repeat the words used in the article's title;
– ***text of the article***; and
– ***references/literary sources*** in the English and Russian languages.

When describing original experimental data it is advisable to use the following subtitles:

Introduction
Materials and methods
Results and discussion
Conclusion or **Findings**

Theoretical, surveying and problem-oriented articles may have optional structure but must contain a summery, an abstract, key words and a list of references.

For articles in Russian, an extensive English abstract is recommended.

1. Requirements for the title

The title of an article should be as concise as possible and clearly reflect the contents.

The UDC index must be typed above the article's title in the upper left corner of the page (font size: **14pt**). For the title **uppercase characters** are used (font: **boldface**; font size: **14pt**, including Latin names; alignment: centered).

Information about the author(s). Initials and family name(s) of the author(s) should be typed in **lowercase characters** (font: **boldface**; font size: **14pt**; alignment: centered). Non-breaking space should be made between the initials and family name(s) of the author(s) by pressing the combination

Ctrl+Shift+Space

to preclude their separation into two lines. Data of the author(s) include the name(s) of the scientific institution, its full legal address including zip code, city and country, and e-mail of the authors(s) (lowercase characters; font: regular; font size: **14pt**). All information in the address should be presented in Russian and English, including the city and the country. Street names are not translated into English, but should be transliterated. If the authors are employed by different institutions, each coauthor's family name is followed by a superscript figure with the corresponding data presented below. Alignment is centered. The names of organizations and places of work where the authors are employed should be given correctly and in relevant manner – **both in Russian and in English.** The only correct version is to present the officially approved full name of the organization, city and country (and full translation of the same). Meanwhile, only such fragment of the organization's name which refers to the notion of a legal entity should be mentioned, that is without the name(s) of a department, laboratory or any other structural subdivision within the organization. Preambles to the names specifying the status of an organization (FSBSI, FGEI, FSUE, FRC, etc.) need not be translated into English.

SAMPLE

UDC _____

< blank line >

Изменчивость глиадинкодирующих локусов
у местных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.)

< blank line >

А.°Ю.°Драгович[1], А.°В.°Фисенко[1], О.°П.°Митрофанова[2]
[1]Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова,
119991, Россия, ГСП-1 Москва, ул. Губкина, д. 3,
e-mail: dragova@mail.ru
[2]Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44
e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

< blank line>

These data are followed by **the summary, abstract** and **key words** in Russian. Alignment is fully justified.

Genetic variability at gliadin coding loci and possible
pathways spreading of common wheat (*Triticum aestivum* L.)

< blank line >

A.°Yu.°Dragovich[1], A.°V.°Fisenko[1], O.°P.°Mitrofanova[2]
[1]N. I. Vavilov Institute of General Genetics, 3, ul. Gubkina, GSP-1 Moscow, 119991 Russia,
e-mail: dragova@mail.ru
[2]N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42, ul. Bolshaya Morskaya, St. Petersburg, 190000 Russia,
e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

These data are followed by **the summary, abstract** and **key words** in English. Alignment is fully justified.

2. Requirements for the abstract

The abstract is to be submitted in a sufficiently extensive form – first of all, it refers to the English version because it will serve as a main data source for the international community. That is why the English abstract may be expanded up to the volume of 250–350 words. Major results, findings and, if needed, methods and objectives should be clearly and expressly listed in it. Phraseology like "…the issues considered in the article are…" or "…the problem discussed is…" is not recommended. Writing an abstract is an important component of the citation index in the world's scientific periodicals.

Research articles require clear and express representation of the sections **Background, Results, Conclusion** and, if needed, **Objective** and **Materials and methods**.

For descriptive articles, dividing the text into separate sections is not required.

SAMPLE

Abstract

Background. The great number of peroxidase genes are presented 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 defence against various biotic stresses including pathogen infection. Little is known about their organization and evolution in the plants. **Materials and methods.** Identification, sequencing and phylogenetic comparison of gene fragment *TC151917* (A333699.1) were performed in different wheat species. **Results and conclusion.** 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.%). 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 *Aegeilops* species, gene of peroxidase.

3. Requirements for the arrangement of the text

Introduction should outline the scope of issues considered in the article and briefly describe the essence of the studied problem together with its background (relevance). In the end, the objective of the research is posed.

The section **Materials and methods** should contain the list and characteristics of the materials used (origin of accessions, dates of their collection, etc.) as well as consecutive enumeration of all the methods employed. For commonly used methods, it is enough to provide references to the sources of data. For the less popular methods, it is necessary to describe their essence and/or specific features of the modifications applied. New, rare and unique methods should be described in sufficient detail, so that other research teams could reproduce them. If needed, the schemes of experiments, routes of collecting missions, etc. are presented. If in the process of work any instruments were used whose choice could influence the results of the research, or any new and unique devices, the manuscript should contain their brand names and, in parentheses, the name(s) of their producer(s) and the country of origin.

The data obtained are sequentially and in detail accounted for in the section **Results**. It is important to choose the easiest and most understandable manner of their presentation to the reader (text, graphics or tables). It is recommended first to relate the data obtained, and then proceed with their interpretation, comparison and discussion.

The text of the article is finalized with the section **Conclusion** or **Findings.**

- The names of the sections are typed in lowercase characters in a separate line, centered and separated from the previous and following paragraphs by one blank line (font: boldface; font size: **14pt**).

- The text of the sections is typed in lowercase characters (font: regular, font size: **14pt**).
- If abbreviations are used in the text, they should be expanded once, at their first appearance; for example: crop wild relatives (CWR). Conventional abbreviations are given as they are, without expansion; for example: DNA, PCR, CFU, etc.
- The rules of the International Code of Botanical Nomenclature are used to make taxonomic surveys and describe new taxa. Latin plant names should comply with the latest sources (it does not apply to the understanding of taxa boundaries). The taxa higher than the genus are presented in roman type (Fabaceae), the name of the genus and lower in italic type; names of the authors and the words determining the rank of taxa are in roman type. When a generic name is mentioned in the text for the first time, it is not abbreviated; later such generic name is abbreviated to the uppercase (first) letter, while the specific name remains unabbreviated: *Triticum durum* Desf., *T. aestivum* subsp. *hadropyrum* var. *schrederi* Udacz.
- The authors of the taxa appear in the text only when first mentioned. One should remember that in the abstract, summary, titles of the tables and captions of the figures names of taxa must include the authors.
- Gene names and symbols are presented in italic type, while the names of their products in roman type. For example: genes *Vrn1, af, det, sym*; proteins hsp 70, ATM, etc. Phage and virus names should be in roman type.
- Molecular size (length) of DNA fragments (nucleotide pairs) should be designated without points starting with a lowercase letter **(pm)**.
- To indicate multiplication and crossing the ***symbol*** (×) is used.
- Minus (-) is used for hyphen, while the combination **Ctrl+minus** is used for the dash (–).
- All values should be expressed in the units of measurement approved by the National Standards (GOST) or the International System of Units (SI). Decimal fractions are separated with a comma, not a dot.
- To indicate the temperature the ***symbol*** “degree” (°) is used, not the “o” letter.
- Commonly used Russian abbreviations should contain inseparable spacing: т.°е., т.°д., т. п.
- Phenological phases are written starting with a lowercase letter and are separated with a hyphen, not dash, without quotation marks or parentheses: **sprouting-flowering**.
- If an expert is not certain about the accuracy of an accession’s name, he/she should write: **the accessions of the collection received from the country ____ under the name of _____.**
- When citations are included in the text, the author, year and page are to be indicated (Author, 2014. P. 67). When a table or a figure is cited, it should be marked (from A.A. Author, year).

4. Requirements for the list of references

The list of references should be formatted in compliance with the standard GOST 7.0.5–2008 and the requirements of the **Scopus** bibliographic and reference database.

The text of the article is followed by the list of cited sources “**References**”. The references in the list are placed under the main text in alphabetic order (Latin alphabet).

For publications that **do not** have an English (German or French) title and summary, it is necessary to present a translation of the publication’s title into English, transliterated title of the publication, transliterated title of the journal, translation of the journal’s title, and imprint

data in due order – year, volume (issue, etc.), page; a reference to the publication's original language is given in brackets, if the language is not English, German or French: [**in Russian**]; and the Russian version of the reference.

Author A. A., Author B. B. Title of the article (Nazvanie stat`i). *Nazvanie zhurnala – Title of the Journal*, 2005, vol. 10, no 2, pp. 49–53 [**in Russian**] (*Автор А. А., Автор Б. Б.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 10. № 2. С. 49–53).

For the publications with English (German or French) titles and summaries, no transliteration is required, but:

– if the journal has no official English title, it should be transliterated and translated into English:

Author A. A., Author B. B. Title of the article. ***Nazvanie zhurnala – Title of the Journal***, 2005, vol. 10, no 2, pp. 49–53 [**in Russian**] (*Автор А. А., Автор Б. Б.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 10. № 2. С. 49–53).

– if the journal has an official title in English:

Author A. A., Author B. B. Title of the article. ***Title of the Journal***, 2005, vol. 10, no 2, pp. 49–53 [**in Russian**] (*Автор А. А., Автор Б. Б.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 10. № 2. С. 49–53).

Citing electronic publications without permanent internet addresses (such as news feeds) is not permitted. The cited web sources must have at least a title, authorship and information on the time of publication (year). References to electronic scientific publications registered by INFORMREGISTR are allowed in the same way as references to printed scientific publications. If an article is published in English, reference to the Russian original of the cited publication should be omitted (only its transliteration and/or translation is given). The table of transliteration using combinations of characters according to GOST 7.79 – 2000 may be found at the website http://transliteration.ru/gost-7-79-2000/

For transliteration of a Russian text into Latin characters one can use the free website http://www.translit.ru.

If a source cited in the article has a digital object identifier (DOI), it should appear immediately after the source.

The number of the sources used should not exceed 20, except for surveys that are exempt from this rule.

5. Requirements for tables and figures

Tables are to be placed within the main text of an article. Tables are formatted using MSWord processing instruments in the TABLES section. The word "Table 3." is followed by a full stop; then goes the title of the table (font size: 14pt, alignment: centered). The title is separated from the table by a blank line. If a figure or a table is cited from another source, the author(s) should be referred to: (from N.I. Ivanov, 2000). If more than one table is used, they should have consecutive numbers. Each table and every row and column inside it should have titles. Abbreviations (except conventional ones) are not permitted in tables. The contents of the tables should not duplicate the text. Tables should not contain columns or rows with the same values in all cells (i. e. values unchanged from cell to cell). Such cases should be specifically pointed out in a footnote to the table or in the text. If no data are available, a dash is used.

Таблица 3. «Название таблицы»
Table 3. Title of the table

All titles of columns and rows should appear in two languages – Russian and English.

Recommended font size for tables is 12pt, and no less than 10pt in case of high density of the text. All abbreviations and acronyms should be expanded in the footnotes to the table. Vertical and horizontal lines are mandatory for a table, except for the left and right boundaries. If a table does not fit within one page, its heading should be reproduced on each page of the table. If the text contains only one table, no table number is required.

Reference to a table in the text should be: Table°3 or (Tab. 3). If the same table is mentioned more than once, (see Table 3) is used. If the article contains only one table, the same rule is applied but without any number: Table or (Table).

Рис. 1. «Название рисунка»
Fig. 1. Caption of the figure

All figures (including charts, graphs and diagrams) should be incorporated into the main text and **additionally** represented by files attached (.jpeg, .tiff; .xls, .xlsx – Excel formats) to the publication. All figures should be numbered. If only one figure is used, no number is required. The caption begins with "Fig. °2." followed by a full stop and the text of the caption (alignment: centered; font size: 14pt). A figure is referred to in the text as Fig. °2.; a fragment of a figure as Fig.°2a. If only one figure is used, no number is required, and the word "Figure" is not abbreviated. When inserting an illustration into the text one should select the text wrapping option "In front of text" (Image – Wrap Text – In Front Of Text) having drawn the text apart with a "blank line." Illustrations may be multicoloured (for an online version), but should have copies – with shades of grey, black-and-white, or monochrome (for a printed version). The text of captions should be presented in the Russian and English languages.

Scanned pictures should have resolution no less than 300 dpi or, if the picture is tiny, 600 dpi, and saved in the .jpeg or .tiff format. **Font size in captions should be 12pt.**

If the authors wish to express their gratitude to individuals and/or scientific foundations who helped them to accomplish their work, such information should appear in the end of the article, before the list of references.

V. Editorial preparations

A manuscript is recognized as delivered to the editors immediately upon the receipt of its electronic version signed by the author(s).

All manuscripts are forwarded to two independent experts for peer reviewing. In the event of any debatable issues or controversial results of reviewing, the manuscript may be sent to one or two additional reviewers. When submitting the manuscript to the editors the authors may indicate the names of their colleagues with whom they have a conflict of interests; in this case, the manuscript will be forwarded for peer reviewing to other experts.

Following the reviewers' recommendations, a manuscript may be approved, or returned to the authors for making amendments, or rejected. Returning a manuscript to its author for amending does not mean that it has been accepted for publication. Authors are

expected to make amendments only to the version returned to them by the editors. A response to the reviewers' comments may be inserted in the end of the manuscript after the list of references. Upon receiving the amended version the editors consider the manuscript once again. If a manuscript has been amended for more than two months or required considerable alterations, it is regarded by the editors as a new one.

The editors reserve the right to abridge the text and make editorial corrections in it, including the title of the article (with the author's consent). Amended and corrected manuscripts are accepted for publication only with the required accompanying document (copyright transfer agreement signed by the authors).

The editors will e-mail the proof version of the article to the author for proofreading. Only minor amendments to the text and tables are permitted during proofreading.

The editors of the journal will forward copies of the reviews or a motivated refusal to the authors of the submitted materials, and also undertakes to send copies of the reviews to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, provided that the editors of the journal receive such request.

VI. Contacts

Editorial Board of *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*
e-mail: trudyVIR@vir.nw.ru

Federal Research Centre "The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources" (VIR)

42-44, ul. Bolshaya Morskaya
St. Petersburg 190000
Russian Federation

The last page should contain the following information:

1. Electronic address (e-mail) of the author
2. Mailing address with zip code
3. Name of the author preferred for further communication
4. Contact telephone number (home or office)
5. Data of all the coauthors (family names with initials, scientific degrees, and name(s) of their employer(s).

СОДЕРЖАНИЕ
Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции за 2015 г., том 176

Агаджанян Э. А., Авалян Р. Э., Атоянц А. Л., Симонян А. Э., Арутюнян Р. М. Изучение генетических эффектов в природных экосистемах с применением растительного тест–объекта. Вып. 3. С. 346-356

Александрова Т. Г., Ковина О. И., Шеленга Т. В., Новикова Л. Ю., Вишнякова М. А. Результаты изучения вики мохнатой (*Vicia villosa* Roth) в моно– и бинарных агрофитоценозах при весеннем посеве в условиях северо–запада РФ. Вып. 3. С. 280-298

Баталова Г. А. Мировое разнообразие как основа адаптивной селекции овса. Вып. 1. С. 37-46

Богданов Ю. Ф. И. Н. Голубовская – создатель уникальной коллекции мутаций генов мейоза у кукурузы и талантливый исследователь проблемы генетики мейоза. Вып. 1. С. 20-36

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. Вып. 2. С. 210-224

Будкевич Т. А., Анисова М. А., Таршис Л. Г., Алещенкова З. М., Федоренчик А. А., Хрипач В. А., Завадская М. А., Коротков М. М. Физиолого–биохимические аспекты Репродукции дикорастущего длиннокорневищного морфотипа *Medicago falcata* L. в культуре. Вып. 3. С. 299-324

Буренин В. И. Д. Д. Брежнев – неутомимый исследователь растительных ресурсов, прекрасный организатор науки и производства, наставник научных кадров (к 110–летию со дня рождения). Вып. 3. С. 250-259

Великсар С. Г., Лисник С. С., Братко Д. Н., Тома С. И. Антропогенное загрязнение почвы медью и фиторемедиационный потенциал различных сельскохозяйственных растений. Вып. 2. С. 163-176

Вишнякова М. А. «Лаврами не увлекайтесь, это дешевый товар…» Роль Н. И. Вавилова в становлении Г. Д. Карпеченко как руководителя генетических исследований в ВИР. Вып. 2. С. 131-145

Голубец В., Папрстейн Ф., Докоупил Л., Посолда М., Резничек В. Мониторинг староместных сортов плодовых культур Чешской Республики для выяснения их происхождения и возможности сохранения. Вып. 3. С. 336-345

Голубец В., Смекалова Т. Н., Лейсова–Свободова Л. Морфологическая и молекулярная оценка генетических ресурсов *Lonicera caerulea* L. на Дальнем Востоке. Вып. 3. С. 325-335

Дибиров М. Д., Дзюбенко Е. А. Интродукционные ресурсы люцерны и перспективы их использования в горных условиях. Вып. 2. С. 177-186

Еремин Г. В., Еремин В. Г. Использование генофонда дикорастущих видов рода *Prunus* L. в селекции клоновых подвоев косточковых культур. Вып. 4. С. 416-425

Зеленская О. В., Корунчикова В. В. Дикие родичи культурных растений на территории Приазовского государственного природного заказника. Вып. 2. С. 146-162

Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Роль ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова в инициации и становлении новых направлений в селекции озимой ржи в России. Вып. 1. С. 5-19

Козловская З. А. Состав и использование коллекции яблони в Беларуси. Вып. 1. С.

Косарева И. А. Иван Иванович Туманов – выдающийся специалист в области физиологии устойчивости растений. Вып. 4. С. 381-390

Костина Л. И., Косарева О. С. Сорта картофеля для селекции на хозяйственно-ценные признаки. Вып. 1. С. 59-67

Кутузова С. Н., Пороховинова Е. А., Пендинен Г. И. Происхождение и эволюция *Linum usitatissimum* L. Вып. 4. С. 436-455

Кутузова С. Н. Жизнь, отданная науке (о Екатерине Владимировне Эллади). Вып. 3. С. 260-267

Максимов И. В., Бурханова Г. Ф., Кузьмина О. И., Вахитов В. А. Полиморфизм гена, кодирующего анионную пероксидазу пшеницы. Вып. 2. С. 225-236

Новикова Л. Ю., Травина С. Н., Жигадло Т. Э., Наумова Л.Г., Зуев Е. В. Качество урожая сельскохозяйственных культур на европейской территории РФ в условиях изменения климата. Вып. 4. С. 391-401

Осипова Л. В., Быковская И. А. Влияние почвенной засухи на гетерогенность сортовой популяции пшеницы и ячменя. Вып. 4. С. 402-415

Павлов А. В., Брач Н. Б., Пороховинова Е. А., Кутузова С. Н. Образцы льна-долгунца китайской селекции как источники хозяйственно-ценных признаков. Вып. 1. С. 68-75

Попова Г. А., Мичкина Г. А., Рогальская Н. Б., Трофимова В. М., Брач Н. Б. Использование мировых генетических ресурсов льна коллекции ВИР в создании сортов Томской селекции. Вып. 1. С. 76-87

Реут А. А., Миронова Л. Н. Итоги интродукции и сохранения в условиях ex situ редкого вида Республики Башкортостан *Paeonia hybrida* Pall. Вып. 2. С. 187-196

Семевский Р. Б. «Отцы пустынники и жены непорочны». Вып. 3. С. 268-279

Сеферова И. В., Новикова Л. Ю. Климатические факторы, влияющие на развитие скороспелых образцов сои в условиях северо-запада РФ. Вып. 1. С. 88-97

Сиднин А. С. Волгоградские сорта сливы – исходный материал для селекции на продуктивность и крупноплодность. Вып. 4. С. 429-435

Стрельцова Т. А., Оплеухин А. А., Окашева Н. А. Исследование экологической изменчивости хозяйственно-ценных признаков картофеля при интродукции в суровые условия горного Алтая. Вып. 1. С. 110-123

Темирбекова С. К., Мансвельт Д. Д. Ван. Популяционный аспект в органическом сельском хозяйстве. Вып. 2. С. 197-209

Тысленко А. М., Скатова С. Е. Использование экологического принципа в организации селекционного процесса при создании сортов ярового тритикале. Вып. 1. С. 98-109

Юшев А. А. Отделу генетических ресурсов плодовых культур ВИР 90 лет. Вып. 4. С. 370-380

CONTENTS
Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2015, vol. 176

Aghajanyan E. A., Avalyan R. E., Atoyants A. L., Simonyan A. E., Aroutiounian R. M. Studying genetic effects in natural ecosystems with application of a plant test object. I. 3. P. 346–356

Aleksandrova T. G., Kovina O. I., Shelenga T. V., Novikova L. Y., Vishnyakova M. A. Results of studying hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) in mono– and binary agrophytocoenoses at spring planting under the conditions of the north–east of the Russian Federation. I. 3. P. 280–298

Batalova G. A. Global diversity as a basis of adaptive oat breeding. I. 1. P. 37–46

Bogdanov Yu. F. Inna N. Golubovskaya as the founder of a unique collection of meiotic gene mutations in maize and a talented researcher of the problem of meiosis genetic control. I. 1. P. 20–36

Brutch N. B., Domantovich A. V., Koshkin V. A., Sanin A. A., Kosykh L. A. Intensity of growth and development of flax lines with different photosensitivity in the latitudes traditional for flax and linseed. I. 2. P. 210–224

Budkevich T. A., Anisova Zh. M., Tarshis L. G., Aletshenkova Z. M., Fedorenchik A. A., Khripach V. A., Zavadskaya M. I., Korotkov M. M. Physiological and biochemical aspects of reproducing the wild long–rhizome morphotype of *Medicago falcata* L. under cultivation. I. 3. P. 299–324

Burenin V. I. D. D. Brezhnev: a tireless researcher of plant resources, excellent organizer of science and industry, mentor of scientists (celebrating the 110–anniversary of his birth). I. 3. P. 250–259

Dibirov M. D., Dzyubenko E. A. Introductive resources of *Medicago* and perspectives of their applying in mountainous conditions. I. 2. P. 177–186

Eremin G. V., Eremin V. G. Use of the genetic diversity of wild *Prunus* l. species in breeding of clonal rootstocks of stone fruit crops. I. 4. P. 416-425

Holubec V., Paprštein F., Dokoupil L., Posolda M., Řezníček V. Monitoring fruit landraces in the Czech Republic, tracing their origin and potential for their conservation. I. 3. P. 336–345

Holubec V., Smekalova T., Leisova–Svobodova L. Morphological and molecular evaluation of the Far East fruit genetic resources of *Lonicera caerulea* L. I. 3. P. 325–335

Kazlouskaya Z. A. Composition and utilization of the apple-tree collection in Belarus. I. 1. P. 47–58

Kobyliansky V. D., Solodukhina O. V. The role of the Vavilov Institute of Plant Industry in the initiation and development of new trends in winter rye breeding in Russia. I. 1. P. 5–19

Kosareva I. A. Ivan Ivanovich Tumanov: a famous specialist in the physiology of abiotic plant resistance. I. 4. P. 381-390

Kostina L. I., Kosareva O. S. Potato varieties promising for breeding targeted at commercial traits. I. 1. P. 59–67

Kutuzova S. N. Life given for the science (about Ekaterina Vladimirovna Ellady). I. 3. P. 260–267

Kutuzova S. N., Porokhovinova E. A., Pendinen G. I. Origin and evolution of *Linum usitatissimum* L. I. 4. P. 436-455

Maksimov I. V., Burkhanova G. F., Kuzmina O. I., Vakhitov V. A. Anionic peroxidase gene polymorphism in wheat. I. 2. P. 225–236

Novikova L. Yu., Travina S. N., Zhigadlo T. E., Naumova L. G., Zuev E. V. Quality of crop yield in the european territory of the Russian Federation under the conditions of climate change. I. 4. P. 391-401

Osipova L. V., Bykovskaya I. A. The effect of soil drought on heterogeneity of the varietal population of wheat and barley. I. 4. P. 402-415

Pavlov A. V., Brutch N. B., Porokhovinova E. A., Kutuzova S. N. Fibre flax accessions of Chinese breeding as sources of valuable agronomic characters. I. 1. P. 68–75

Popova G. A., Michkina G. A., Rogalskaya N. B., Trofimova V. M., Brutch N. B. Involvement of worldwide flax genetic resources from VIR's collection in the development of cultivars in Tomsk. I. 1. P. 76–87

Reut A. A., Mironova L. N. Summary of introduction and conservation ex situ of the rare species of Bashkortostan Paeonia hybrida Pall. I. 2. P. 187–196

Seferova I. V., Novikova L. Y. Climatic factors affecting the development of early soybean accessions in the environments of the Russian Northwest. I. 1. P. 88–97

Semevsky R. B. "The Desert Fathers and the Women Undefiled" I. 3. P. 268–279

Sidnin A. S. Volgograd plum varieties as source material for breeding to increase productivity and fruit size. I. 4. P. 429-435

Streltsova T. A., Opleukhin A. A., Okasheva N. A. Researching ecological variability of agronomic traits in potato varieties when they are introduced into severe environments of the Altai Mountains. I. 1. P. 110–123

Temirbekova S. K, J. D. Van Mansvelt. Population aspect in organic agriculture. I. 2. P. 197–209

Tyslenko A. M., Skatova S. E. Using the ecological principle in the arrangement of breeding process to develop spring triticale cultivars. I. 1. P. 98–109

Veliksar S. G., Lisnik S. S., Bratco D. N., Toma S. I. Anthropogenic pollution of soil with copper and the phytoremediation potential of different agricultural crops. I. 2. P. 163–176

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). I. 2. P. 131–145

Yushev A. A. The 90th anniversary of the department of fruit crop genetic resources at VIR. I. 4. P. 370-380

Zelenskaya O. V., Korunchikova V. V. Wild relatives of cultivated plants in the territory of the Pryazovsky state natural reserve. I. 2. P. 146–162

СОДЕРЖАНИЕ

ИСТОРИЯ ВИР. СЛАВНЫЕ ИМЕНА

Юшев А. А. Отделу генетических ресурсов плодовых культур вир 90 лет ….. 370
Косарева И. А. Иван Иванович Туманов – выдающийся специалист в области физиологии устойчивости растений ……..……... 381

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Новикова Л. Ю., Травина С. Н., Жигадло Т. Э., Наумова Л. Г., Зуев Е. В. Качество урожая сельскохозяйственных культур на европейской территории РФ в условиях изменения климата ……... 391
Осипова Л. В., Быковская И. А. Влияние почвенной засухи на гетерогенность сортовой популяции пшеницы и ячменя ……... 402

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Еремин Г. В., Еремин В. Г. Использование генофонда дикорастущих видов рода *Prunus* L. в селекции клоновых подвоев косточковых культур …. 416
Сиднин А. С. Волгоградские сорта сливы – исходный материал для селекции на продуктивность и крупноплодность ……. 429

СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Кутузова С. Н., Пороховинова Е. А., Пендинен Г. И. Происхождение и эволюция *Linum usitatissimum* L. ……...…..... 436

Правила для авторов издания ВИР ……. 461
Содержание Трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции за 2015 г., том 176 …… 479

CONTENTS

HISTORY OF VIR. NAMES OF RENOWN

Yushev A. A. The 90th anniversary of the department of fruit crop genetic resources at VIR …… 370
Kosareva I. A. Ivan Ivanovich Tumanov: a famous specialist in the physiology of abiotic plant resistance …….. 381

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Novikova L. Yu., Travina S. N., Zhigadlo T. E., Naumova L. G., Zuev E. V. Quality of crop yield in the european territory of the Russian Federation under the conditions of climate change ……..… 391
Osipova L. V., Bykovskaya I. A. The effect of soil drought on heterogeneity of the varietal population of wheat and barley …… 402

COLLECTIONS OF WORLDWIDE CROP GENETIC RESOURCES IN THE DEVELOPMENT OF PRIORITY BREEDING TRENDS

Eremin G. V., Eremin V. G. Use of the genetic diversity of wild *Prunus* L. species in breeding of clonal rootstocks of stone fruit crops ……..… 416
Sidnin A. S. Volgograd plum varieties as source material for breeding to increase productivity and fruit size ……. 429

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

Kutuzova S. N., Porokhovinova E. A., Pendinen G. I. Origin and evolution of *Linum usitatissimum* L. ……. 436

Rules for the authors of the VIR publication ……..…. 470
Contents Proceedings on applied botany, genetics and breeding, 2015, vol. 176 …. 481

Научное издание

**ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ,
ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 176, ВЫПУСК 4**

Выпускающий редактор *Е. И. Гаевская*
Научные редакторы *Е. А Соколова, И.Г.Чухина*
Компьютерная верстка *Л. Ю. Шипилина*
Корректор *Ю. С. Чепель–Малая*

Подписано в печать 15.12.2015 Формат бумаги 70×100 $^{1}/_{16}$
Бумага офсетная. Печать офсетная
Печ. л. 7,5 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}