

Этапы развития исследований в отделе генетики ВИР

Б. В. Ригин, И. Н. Анисимова, Е. Е. Радченко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Евгений Евгеньевич Радченко, eugene_radchenko@rambler.ru

Отдел генетики ВИР организован в 1925 году, его заведующим по приглашению Н. И. Вавилова стал Георгий Дмитриевич Карпеченко. Н. И. Вавиловым и Г. Д. Карпеченко были определены основные задачи прикладной генетики: монографическое изучение наследственной изменчивости культивируемых растений, их отдельных признаков и свойств, а также гибридов от скрещивания отдаленных видов. В статье рассматриваются основные достижения отдела генетики ВИР с момента его образования и до сегодняшних дней. Показана роль ученых-генетиков ВИР в становлении и развитии методологии генетического анализа культурных растений, обобщены наиболее значимые результаты, дан обзор направлений работы отдела в разные периоды существования: 1930–1940 гг., возрождение в 1960-х гг., дальнейшее развитие после 1980 г.

История исследований в отделе генетики ВИР отражает основные направления деятельности института, а также тенденцию развития прикладной генетики растений в России. В числе главных направлений научной работы отдела выделены следующие. 1. Сравнительный анализ генетической структуры возделываемых видов злаков по признакам роста, типа и скорости развития, устойчивости к биотическим и абиотическим стресс-факторам, разработка генетических методов создания доноров ценных для селекции генов. 2. Исследования сравнительной генетики видов разных систематических групп растений; выяснение генетических и цитогенетических механизмов интрогрессии чужеродных генов и разработка путей их использования в улучшении культивируемых видов. 3. Изучение мутагенеза, алло- и автополиплоидии как факторов возникновения новых форм растений и разработка методов их использования в селекционном процессе. 4. Генетика систем размножения культивируемых злаков. 5. Формирование и поддержание в живом виде генетических коллекций как инструмента генетического анализа и изучения генофонда видов, а также как формы сохранения разнообразия культивируемых растений и их диких родичей. На современном этапе основной целью исследований отдела генетики, как и на протяжении всей истории его развития, остается раскрытие генетического потенциала разнообразия растительных ресурсов культурных растений и их диких родичей по важнейшим биологическим и агрономическим признакам. Основной подход – сравнительно-генетический, в основу которого положена концепция Н. И. Вавилова о параллелизме наследственной изменчивости; методология исследований – комплексность, использование фенотипического, гибридологического, популяционного, цитогенетического и молекулярно-генетического методов анализа.

Ключевые слова: Н. И. Вавилов, Г. Д. Карпеченко, культурные растения, частная, прикладная и сравнительная генетика, методология исследований

Благодарности: публикация подготовлена в рамках реализации Программы развития Национального центра генетических ресурсов растений по соглашению с Минобрнауки России от 26 февраля 2025 года № 075-02-2025-1584.

Для цитирования: Ригин Б.В., Анисимова И.Н., Радченко Е.Е. Этапы развития исследований в отделе генетики ВИР. *Бюллетень ВИР*. 2025;(245):12-32.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

© Ригин Б.В., Анисимова И.Н., Радченко Е.Е., 2025

Review article

Stages of research development in the Genetics Department of VIR

Boris V. Rigin, Irina N. Anisimova, Evgeny E. Radchenko**N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia****Corresponding author:** Evgeny E. Radchenko, eugene_radchenko@rambler.ru

The Genetics Department was organized at VIR in 1925, and Georgy D. Karpechenko was invited by Nikolay I. Vavilov to become its head. N.I. Vavilov and G.D. Karpechenko identified priority objectives for applied genetics: monographic studies on the hereditary variability of cultivated plants, their individual traits and properties, as well as hybrids from crosses between genetically distant species. This overview covers the main achievements of the Genetics Department of VIR from its origin to the present time. The role of VIR's geneticists in the development of crop genetic analysis methods is highlighted, the most significant results are summarized, and the research activities of the Department during various periods of its existence are discussed: the 1930–1940s, its revival in the 1960s, and further development after 1980.

The research history of the Genetics Department mirrors the main areas of the Institute's activities, and the trends in the development of applied plant genetics in Russia. Scientific priorities are as follows: 1) Comparative analysis of the genetic structure in cultivated cereal crop species for such characters as plant growth, type and rate of development, and resistance to biotic and abiotic stressors; development of genetic methods to obtain donors of genes valuable for breeding; 2) Comparative genetics studies of plant species from various taxonomic groups; identification of genetic and cytogenetic mechanisms of alien gene introgressions and development of the ways of their utilization for cultivated species improvement; 3) Studying of the mutagenesis, and allo- and autopolyploidy as the factors contributing to the emergence of new plant forms, and development of methods for their utilization in breeding practice; 4) Genetics of reproduction systems in cultivated cereals; 5) Establishment and maintenance of live genetic collections as a tool for genetic analysis and examination of species' gene pools, and as a means to preserve the diversity of cultivated plants and their wild relatives. Currently, the priority goal of the Genetics Department, as it has been throughout its history, is to uncover the genetic potential of the diversity of cultivated plants and their wild relatives in the context of their key biological and agronomic traits. The basic approach to this task is the comparative genetic one, based on Vavilov's concept of parallelism in hereditary variation, while the main research methodology involves the employment of phenotypic, hybridological, populational, cytogenetic, and molecular genetic analyses.

Keywords: N. I. Vavilov, G. D. Karpechenko, cultivated plants, specific, applied and comparative genetics, research methodology

Acknowledgments: the publication was prepared as part of the implementation of the Development Program for the National Center for Plant Genetic Resources under the agreement with the Ministry of Science and Higher Education of Russia dated February 26, 2025, No. 075-02-2025-1584.

For citation: Rigin B.V., Anisimova I.N., Radchenko E.E. Stages of research development in the Genetics Department of VIR. *VIR Bulletin*. 2025;(245):12-32.

Financial transparency. the authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer.

© Rigin B.V., Anisimova I.N., Radchenko E.E., 2025

История исследований в отделе генетики ВИР отражает основные направления деятельности института, а также тенденцию развития прикладной генетики растений в России. Особое значение имело то обстоятельство, что практически с первых лет организации Пушкинских лабораторий основное направление экспериментальной работы было сконцентрировано на познании физиологии, иммунитета, анатомии, цитологии и наследования основных биологических и ценных для селекции признаков главнейших культурных растений. При организации отдела генетики была создана цитолого-анатомическая секция, которая в 1927 г. преобразована в Лабораторию цитологии под руководством профессора Григория Андреевича Левитского. Впоследствии она стала называться Лабораторией цитологии и анатомии, которой руководили последовательно профессор Иван Дмитриевич Романов и профессор Лариса Ивановна Орел. Такая организация исследований в научном и практическом отношении оказалась наиболее результативной, благодаря чему Пушкинские лаборатории и отделы генетики и цитологии впоследствии превратились в крупный научный центр (Rigin, 1994; Rigin, 2007a, 2007b; Rigin, Anisimova, 2012; Radchenko, Anisimova, 2022).

Профессору Николаю Ивановичу Вавилову исполнилось 33 года, когда он был избран заведующим Отделом (Бюро) прикладной ботаники и селекции и членом Сельскохозяйственного ученого комитета (рис. 1). В дальнейшем Отдел был преобразован в Институт прикладной ботаники и новых культур, а затем – во Всесоюзный институт растениеводства (ВИР), ныне Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Предшественниками Н. И. Вавилова и, главным образом, Р. Э. Регелем были сформулированы основные задачи изучения и мобилизации растительных ресурсов возделываемых, дикорастущих, полезных и сорных растений Российской империи, а также их практического использования. Уже в то время начался сбор различных наследственных вариантов сельскохозяйственных растений (овса, ячменя, пшеницы) и формирование коллекций отдельных культивируемых видов. Под руководством Н. И. Вавилова удалось выполнить ряд крупных разработок в области систематики, филогении, разработать методы селекции и технологии возделывания культурных растений с целью познания и эффективного использования ценных форм для улучшения возделываемых видов сельскохозяйственных растений. Эти работы оказали значительное влияние на развитие исследований биологии и селекции растений как в России, так и в других странах.

Формулировка основных задач прикладной генетики растений

Основные направления генетических исследований в ВИР начали формироваться с 1925 г., когда был организован отдел генетики, заведующим которого по приглашению Н. И. Вавилова стал молодой исследователь Г. Д. Карпеченко (рис. 2).



Рис. 1. Н. И. Вавилов [1921 г.]

Fig. 1. N. I. Vavilov [1921]

Георгий Дмитриевич Карпеченко родился 21 апреля (3 мая по новому стилю) 1899 г. в г. Вельске Вологодской губернии (ныне Архангельская обл.) в семье уездного землемера. В 1917 г. поступил в Пермский университет; через год перевелся на сельскохозяйственное отделение Петровской сельскохозяйственной академии (с 1923 г. Сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева). Учился у профессора Сергея Ивановича Жегалова и Александры Гавриловны Николаевой, которые сформировали его как исследователя – цитолога культурных растений. Первая научная работа Г. Д. Карпеченко была посвящена кариологии клевера, фасоли и некоторых видов крестоцветных растений. Он установил числа хромосом у редьки *Raphanus sativus* L. и капусты *Brassica oleracea* L., которые оказались одинаковыми, и экспериментально показал несовместимость этих видов при скрещиваниях (Karpechenko, 1924). После окончания Петровской академии он был оставлен при кафедре генетики и селекции в качестве преподавателя ботаники и частного земледельца.



Рис. 2. Г. Д. Карпеченко

Fig. 2. G. D. Karpechenko

лия. В 1925–1926 гг. Г. Д. Карпеченко посещает генетические лаборатории девяти европейских стран и знакомится с новейшими исследованиями крупнейших генетиков. В 1925 г. по приглашению Н. И. Вавилова 26-летний Георгий Дмитриевич Карпеченко занял должность заведующего отделом генетики ВИР (Goncharov et al., 2013).

В то время генетика была относительно молодой наукой. В ранний период становления генетики исследования ученых во всем мире были сконцентрированы в основном на изучении признаков морфологии, легко поддающихся учету. Н. И. Вавилов и Г. Д. Карпеченко определили новое направление генетических исследований возделываемых растений: они должны развиваться в виде монографического изучения наследственной изменчивости культивируемых растений, их отдельных признаков, свойств, а также гибридов от скрещивания отдаленных видов.

«Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости» Н. И. Вавилова явился теоретической основой нового научного направления исследований – сравнительной генетики видов (Vavilov, 1920, 1922). При этом генетические эксперименты рассматривались как необходимый элемент разработки методов селекции и мобилизации генотипического разнообразия культивируемых и дикорастущих видов растений с целью использования их для практики.

Экспериментальная работа в 30-е годы XX века в отделе генетики ВИР, которым руководил Г. Д. Карпеченко, – согласно отчету лаборатории генетики за 1938–1940 гг. – была посвящена проблеме отдаленной гибридизации как методу создания новых форм культурных растений;

изучению селективного оплодотворения и способам экспериментального изменения наследственной изменчивости в желательном направлении (Genetics Laboratory Report..., [1941]). В работу было вовлечено большое разнообразие возделываемых растений: пшеница, эгилопсы, ячмень, кукуруза, хлопчатник, горох, чечевица, чина, мак, крестоцветные, капуста, томат, лен, свекла, герань, конопля. В частности, начаты масштабные исследования внутривидовых гибридов культурной ржи *Secale cereale* L. с целью создания сортов кормового и зернового направления, а также использования этого злака в селекции. Селекционные и генетические исследования ржи в ВИР были возобновлены в 50-х годах В. Д. Кобылянским (Rigin, 2018).

В отделе генетики в период с 1925 по 1941 г. работали Г. Д. Карпеченко, А. Н. Домбровская, Е. И. Барулина (рис. 3), О. Н. Сорокина, А. Н. Лутков, С. А. Щавинская, А. С. Каспарян, А. У. Хоменко, М. И. Хаджинов. Многие из них оставили заметный след в развитии отечественной и мировой генетики (Loskutov, 2025; Khlestkina, 2025). Так, Г. Д. Карпеченко и С. А. Щавинская провели классические эксперименты по получению авто- и аллополиплоидов различных форм культурных растений (Karpechenko, Shchavinskaja, 1930). В учебники по генетике вошли опыты Г. Д. Карпеченко по созданию межродового фертильного гибрида *Raphanobrassica*. Работы по изучению этого межродового гибрида в основном были закончены к 1927 г. и опубликована статья «Полиплоидные гибриды *Raphanus sativus* × *Brassica oleracea* (к проблеме экспериментального видообразования)» (Karpechenko, 1927, 1928; Karpechenko, 1971).



Рис. 3. Г. Д. Карпеченко и Е. И. Барулина на экспериментальном участке отдела генетики ВИР в Детском Селе (середина 1930-х гг.)

Fig. 3. G. D. Karpechenko and E. I. Barulina at the experiment plot of the Genetics Department of VIR in Detskoye Selo (mid-1930s)

Генетики ВИР в работах по полиплоидии исходили из признания огромной роли этого явления в эволюции культурных растений, а также влияния удвоения хромосомного набора на изменение отдельных органов и свойств растений и на их скрещиваемость с другими видами.

Явление полиплоидии было открыто в начале XX века, и главная роль в формулировке этого явления и его сущности принадлежит Г. Винклеру (H. Winkler) и О. Винге (O. Winge). В 1937 г. были опубликованы работы А. Блексли и А. Авери (A. F. Blakeslee, A. G. Avery) о полиплоидизирующем влиянии колхицина (Blakeslee, Avery, 1937). В связи с этим, в план отдела 1939 г. был включен раздел, связанный с изучением результатов воздействия алкалоида колхицина на прорастание семян и точку роста у растений льна, ячменя, картофеля, томата. Уже в 1940 г. Г. Д. Карпеченко опубликовал статьи, посвященные этому вопросу (Karpechenko, 1940a, 1940b; Karpechenko, 1971). В этих статьях Георгий Дмитриевич впервые обращает внимание на то, что колхицин не только приводит к удвоению хромосомных комплексов, но может вызвать изменение морфологии хромосом. Способность этого алкалоида вызывать хромосомные aberrации и генные мутации была вторично продемонстрирована намного позднее другими учеными.

Эффект тетраплоидии изучали у разных видов культурных растений: ячменя, льна, томата, картофеля с одновременной разработкой методов преодоления частичной стерильности тетраплоидов. Получены интересные в практическом отношении полиплоидные формы льна, томата, картофеля.

Исследования по полиплоидии в отделе генетики по глубине и масштабу работы развивались наравне или даже с опережением по сравнению с работами ученых других стран. Фактически сотрудники отдела генетики стояли у истоков развития учения о полиплоидии, оказавшего впоследствии влияние на развитие теории видообразования и селекционной практики.

Среди фундаментальных работ ВИР в период до 1940 г. можно также выделить исследования по экспериментальному мутагенезу: воздействие γ -лучами, токами высокой частоты, химическими веществами (А. Н. Лутков, М. И. Хаджинов, М. Л. Хлоп) с целью получения новых наследственных вариантов. В частности, в опытах А. Н. Луткова (рис. 4) под действием ионизирующего облучения получены безлигульные формы ячменя, что подтвердило правомерность закона Н. И. Вавилова о гомологических рядах в наследственной изменчивости.

Исследования по отдаленной гибридизации – одно из наиболее результативных и интересных направлений научной работы отдела генетики. Как оказалось, плохая скрещиваемость отдаленных видов в основном является следствием несоответствия хромосомных наборов скрещиваемых форм, и может быть преодолена путем удвоения хромосомного набора у гибридов или у исходных видов, или при использовании амфидиплоидных форм как посредников. Эксперименты осуществлены на видах пшеницы и *Aegilops* L. при участии Г. Д. Карпеченко, О. Н. Сорокиной, А. С. Каспарян (Karpechenko, Sorokina,



Рис. 4. А. Н. Лутков

Fig. 4. A. N. Lutkov

1929; Karpechenko, 1971). Первые опыты по гибридизации были проведены в небольшом объеме уже в 1925–1926 гг. Был предложен новый метод преодоления нескрещиваемости мягкой пшеницы с другими видами с применением специально синтезированных для этой цели отдаленных гибридов.

Такой подход позволил не только осуществить гибридологический анализ межвидовых гибридов и определить генетические различия скрещиваемых видов, но и выделить ряд форм мягкой пшеницы, представляющих интерес как исходный материал для селекции. Так, в 1938 г. с использованием видов пшеницы *Triticum durum* Desf. и *T. persicum* Vav. и тройной гибридизации – *T. persicum*, *T. monococcum* L. и *T. aestivum* L. синтезированы раннеспелые и устойчивые к грибным заболеваниям линии яровой пшеницы. Получен ряд важных экспериментальных данных о взаимоотношениях хромосом видов культивируемых растений (Е. Н. Макушина, В. В. Светозарова) (Makushina, 1938; Svetozarova, 1939; рис. 5). В конце 30-х годов XX века расширено число источников чужеродных генов; вовлечена в гибридизацию рожь, предпринята попытка скрещивания пшеницы с ячменем с целью передачи ценных признаков пшенице от представителей другой субтрибы злаковых. Однако только в наше время в отделе генетики появилась возможность в полной мере осуществить эту программу (Г. И. Пендинен).

Эти исследования позволили Г. Д. Карпеченко в 1935 г. сформулировать ряд положений теории отдаленной гибридизации растений («Теория отдаленной гибридизации») (Karpechenko, 1935; Karpechenko, 1971).

Параллельно этим исследованиям развивались цитогенетические работы в лаборатории Г. А. Левитского. В 1931 г. Г. А. Левитский и Г. К. Бенецкая впервые в мире определили аллополиплоидную природу фертильного пшенично-ржаного гибрида (*Triticum aestivum* L. $\times$ *Secale cereale* L.), названного впоследствии тритикале (Levitsky, Benetskaya, 1931; см. рис. 5). Открытие было подтверждено в 1935 г. в Германии М. Линдшай и Е. Охлер (M. Lindschau, E. Ochler) и в 1936 г. в Швеции А. Мюнтцингом (A. Muntzing). С этого времени начались интенсивные

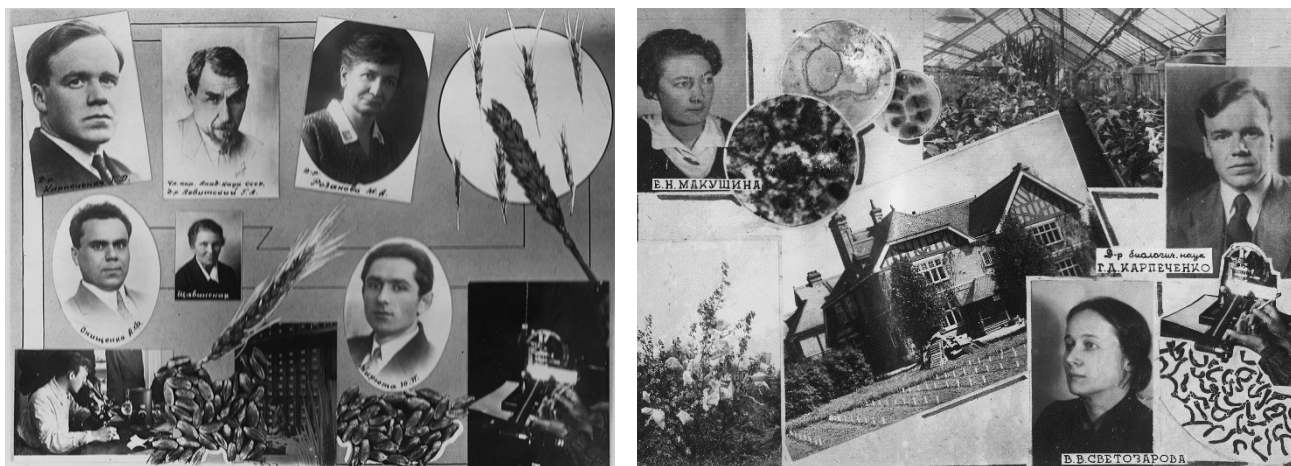


Рис. 5. Преподаватели и выпускники аспирантуры ВИР. Диссертационные выпуски аспирантов, 30-е годы (Архив ВИР)

Fig. 5. Lecturers and graduates of VIR's Postgraduate Training Department. Dissertation panels of postgraduates, the 1930s (VIR Archives)

исследования тритикале, которые привели к созданию первого вида культурного растения, созданного человеком. Г. А. Левитский впервые показал отсутствие у пшенично-ржаных амфидиплоидов конъюгации отдельных пар гомологичных хромосом, что, по его мнению, зависело от несогласованности взаимодействия геномов исходных видов или воздействия материнской цитоплазмы пшеницы на геном ржи. В этот период В. Н. Лебедевым была разработана уникальная для своего времени целевая программа расширения наследственного разнообразия тритикале, которая во многом предвосхитила подобные зарубежные проекты.

Цитогенетическое и эмбриологическое изучение тритикале было продолжено в 1967 г. в лаборатории цитологии и анатомии растений Ираидой Николаевной Орловой по инициативе и под руководством профессора И. Д. Романова. Был сделан сравнительный анализ гексаплоидных тритикале различного геномного состава, установлены причины мейотической нестабильности и пониженной плодовитости пшенично-ржаных гибридов. Впервые описано явление полного асинопсиса в микроспорах тритикале. Как оказалось, причиной частичной мужской стерильности амфидиплоидов является образование синцитиев и цитомиксис (миграция хроматина ядер и цитоплазмы микроспороцитов). Это явление может визуализироваться как обособление геномов пшеницы и ржи в ядре тритикале.

Большое значение для развития работ по частной и сравнительной генетике растений имели исследования Г. А. Левитского по кариологии растений. В его лаборатории работали профессиональные цитогенетики В. А. Рыбин, Н. П. Авдулов, М. В. Корчагина-Сенянинова.

В разработке теории отдаленной гибридизации и методов практического использования чужеродного генетического материала в селекции культурных видов наука нашей страны в 30-х годах XX века занимала лидирующее

положение в мире. В период до 1940 г. методы отдаленной гибридизации эффективно использовали известные генетики и селекционеры Г. К. Мейстер, А. А. Сапегин, А. Н. Шехурдин, В. Н. Жебрак. Получен ряд сортов, имеющих большое народнохозяйственное значение.

Исследования ученых ВИР до 1940 г. в области авто- и аллополиплоидии, генетического и цитологического изучения межвидовой несовместимости способствовали проникновению принципов и методов генетического анализа в систематику и филогению культивируемых видов растений.

Сотрудники отдела генетики к 40-м годам XX века фактически вплотную подошли к решению вопросов о роли генетических механизмов интрогрессивной гибридизации и к целенаправленному изменению геномных комплексов культивируемых видов растений и генетики регуляции мейотического деления. Такие направления экспериментальной работы были возрождены в России лишь в 60-х годах XX века учеными новосибирской школы генетиков под руководством профессора Веры Вениаминовны Хвостовой и сотрудниками отдела генетики ВИР.

В США в 1931 г. М. М. Родсом (M. M. Rhoades) был описан феномен цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) кукурузы. Однако несколько раньше такое явление было обнаружено сотрудником отдела генетики М. И. Хаджиновым у гибридов географически отдаленных форм сорго.

Изучение М. И. Хаджиновым ЦМС кукурузы закончилось к 1932 г. К этому времени была найдена линия кукурузы со стерильными мужскими соцветиями, обнаружена линия, дающая после 4–5 последовательных беккроссов с нормально цветущей линией полностью стерильное потомство. У некоторых линий дегенерация пыльцы наступала на различных стадиях развития. Было выявлено 12 генов, вызывающих резко различные цито-

логические картины дегенерации, и предполагалось изучение возможности перенесения стерильности через отцовского родителя. Судя по всему, М. И. Хаджинов (рис. 6) уже в 30-х годах XX века имел исходный материал для изучения генетики регуляции мейотического деления.

В наши дни применение ЦМС в селекции является одним из основных методов получения гибридов у перекрестноопыляющихся культур и практического использования гетерозиса.

Таким образом, научно-исследовательская деятельность отдела генетики в целом до 1940 г. была на уровне достижений генетической науки того времени (Rigin, 1989, 2007b). Деятельность ученых оказала существенное влияние на частную генетику видов растений, их филогению и систематику. По большинству разделов эти работы занимали лидирующее положение как в нашей стране, так и за рубежом (рис. 7).

В конце 30-х годов XX века усилилось отрицательное влияние Т. Д. Лысенко и его сторонников на научную деятельность ВИР и, в том числе, отдела генетики. Часть ресурсов была отвлечена на постановку экспериментов по проверке идей Т. Д. Лысенко. Так, в плане работы отдела генетики на 1938 г. появились новые разделы, основанные на экспериментальной проверке предложений Т. Д. Лысенко о «воспитании» гибридов. Изучали влияние «воспитания» растений под действием определенной температуры при изменении озимых растений в яровые. Опыты в этом направлении на пшенице ставили М. И. Хаджинов и С. П. Хачатуров, на ячмене – А. Н. Лутков. В это время Н. И. Вавилов совместно с Г. Д. Карпеченко и Г. А. Левитским отстаивали основные положения современной генетики с использованием как работ ВИР, так и новейших достижений генетики и селекции.

В 40–50-х гг. прошлого века репрессии в стране как следствие существовавшей в то время идеологии были наиболее жестоки. После августовской сессии ВАСХНИЛ (1948 г.) в 50-е годы были ликвидированы многие генетические лаборатории и разогнаны научные школы.

Научная деятельность в области генетики в ВИР была совершенно прекращена и ликвидированы исследования по наиболее перспективным направлениям прикладной генетики. С необоснованными арестами в 1941 г.



Рис. 6. М. И. Хаджинов

Fig. 6. M. I. Khadzhinov

Г. Д. Карпеченко, Н. И. Вавилова, Г. А. Левитского и других ученых отдел генетики прекратил свое существование, и как самостоятельное подразделение стал функционировать только в 60-х годах прошлого века.

Возрождение и дальнейшее развитие генетических исследований

В 1953 г. Дж. Уотсоном и Ф. Криком (Watson, Crick) была высказана гипотеза о структуре ДНК. С этого времени начала интенсивно формироваться база молекулярной биологии и молекулярной генетики, уже нельзя было отрицать представления хромосомной теории наследственности, противопоставлять научным аргументам аргументы идеологические. В конце 50-х – начале 60-х годов стало преобладать мнение, что деятельность Т. Д. Лысенко и его сторонников наносит огромный вред науке и экономике страны.

В Пушкинских лабораториях ВИР возрождение гене-



Главный дом. Деткосельская опытная станция, 1930-е гг.

Main building. Detskoye Selo Experiment Station, the 1930s



Г. Д. Карпеченко в лаборатории, 1930-е гг.

G. D. Karpechenko in his laboratory



Сотрудники, аспиранты и стажеры отдела генетики. Середина 30-х годов

Staff members, postgraduate students, and interns of the Genetics Department. Mid-1930s



Сотрудники отдела генетики на крыльце Главного дома, 1929 г. В первом ряду справа налево Е. И. Барулина, Г. Д. Карпеченко, А. Н. Лутков

Staff members of the Genetics Department at the porch of the main building, 1929. First row, right to left: E. I. Barulina, G. D. Karpechenko, and A. N. Lutkov



Дом сотрудников ВИР в г. Пушкине, Московское шоссе № 23. Веранда и окна в центре на первом этаже – летняя квартира Н. И. Вавилова, крайнее окно справа – квартира Г. Д. Карпеченко

The house for VIR's staff members in Pushkin (23 Moskovskoye Highway). The first-floor porch and window in the center are parts of N. I. Vavilov's summer residence; the right-hand window belongs to G. D. Karpechenko's apartment



Сотрудники, аспиранты и стажеры отдела генетики на крыльце Главного дома. Середина 1930-х гг.

Staff members, postgraduate students, and interns of the Genetics Department at the porch of the main building. Mid-1930s



Г. Д. Карпеченко с сотрудниками и стажерами отделов генетики и цитологии (предположительно 1939–1940 гг.) в Детском Селе. Верхний ряд: третья слева Р. Х. Макашева, крайняя справа – С. А. Щавинская. Средний ряд, начиная со второго: Г. А. Левитский, Г. Д. Карпеченко, В. А. Поддубная-Арнольди, А. Н. Лутков, Е. Н. Макушина. Нижний ряд: в центре – М. Д. Иоффе (Архив ВИР, дело № 184, фото 221)

G. D. Karpechenko with staff members and interns of the Genetics and Cytology Departments (presumably, the 1930-1940s) in Detskoye Selo. Topmost row: third from the left is R. Kh. Makasheva; first from the right is S. A. Shchavinskaya. Middle row, starting from the left-hand second: G. A. Levitsky, G. D. Karpechenko, V. A. Poddubnaya-Arnoldi, A. N. Lutkov, and E. N. Makushina. Bottom row: in the center is M. D. Ioffe (VIR Archives, File No. 184, Photo 221)



Организатор отдела генетики ВИР Г. Д. Карпеченко

G. D. Karpechenko, the organizer of the Genetics Department at VIR

Рис. 7. Сотрудники, аспиранты и стажеры отдела генетики. 30-е годы

Fig. 7. Staff members, postgraduate students, and interns of the Genetics Department, the 1930s

тических исследований началось с 60-х годов прошлого века, постепенно была восстановлена работа лаборатории генетики, которая преобразована в отдел и значительно расширена. Руководителем этого направления исследований стал кандидат биологических наук Трофим Яковлевич Зарубайло (Rigin, 2006a, 2006b).

Т. Я. Зарубайло с сентября 1930 г. по ноябрь 1932 г. учился в аспирантуре ВИР и изучал наследование продолжительности вегетационного периода ячменя под руководством известного растениевода и селекционера профессора В. Е. Писарева. Кандидатскую диссертацию защитил по специальности «селекция сельскохозяйственных растений». После окончания аспирантуры до 1935 г. работал научным руководителем Северо-Восточного селекцентра (пос. Фаленки Кировской обл.). В 1935 г. поступил на работу в Пушкинские лаборатории ВИР, где исследовал биологию развития растений и изучал гибриды от скрещивания голозерного ячменя. После войны с 1948 г. Т. Я. Зарубайло (рис. 8) возглавил лабораторию биологии развития Пушкинских лабораторий ВИР, преобразованную в 1950 г. в лабораторию (позже отдел) генетики и анатомии. По совокупности опубликованных работ в 1964 г. ему была присуждена ученая степень доктора биологических наук (Zarubaylo, 1964), а в 1968 г. присвоено звание профессора.

Т. Я. Зарубайло интересовали вопросы изменения яровых злаков в озимые при систематическом подзимнем посеве и роль гетерозиготности организма в этом процессе, а также пути повышения морозостойкости опытных растений и создания сортов пшеницы с высокой зимостойкостью. В 1940–50-е годы Т. Я. Зарубайло придерживался официальных взглядов на механизмы изменчивости и наследственности, иногда односторонне рассматривая их с точки зрения физиологии растений. Самое главное, он был сторонником постановки точного эксперимента и только тщательно поставленный опыт убеждал его в правоте сделанных выводов.

Если оценивать деятельность этого ученого ретроспективно, то надо отдать должное ему как организатору прикладных генетических исследований с позиций идей Н. И. Вавилова и Г. Д. Карпеченко. Со временем Т. Я. Зарубайло удалось создать коллектив молодых сотрудников, способных решать сложные научные проблемы. Под его руководством и при непосредственном его участии проведены важные для теории и практики генетические исследования сельскохозяйственных растений. К ним относятся полиплоидия, мутагенез, отдаленная гибридизация и интрогрессия чужеродных генов, генетика иммунитета в сочетании с созданием новых селекционно ценных рекомбинантов. Во многом не была потеряна преемственность развития генетических исследований, сохранены научные традиции и использованы результаты последних достижений современной генетики в экспериментальном процессе. Его активная работа по возрождению генетики оказала существенное влияние на процесс взаимопроникновения методов генетики, физиологии, биохимии, иммунологии, систематики, филогенетики, что является характерным при всестороннем изучении мно-



Рис. 8. Т. Я. Зарубайло

Fig. 8. T. Ya. Zarubaylo

гообразия наследственных вариантов растений, сосредоточенных в коллекциях ВИР.

По существу, были возобновлены основные направления исследований, выполнявшихся в 30–40-х гг. прошлого века в ВИР, концепция которых формировалась под непосредственным влиянием Н. И. Вавилова и Г. Д. Карпеченко, правда, несколько модернизированные под влиянием накопленных к тому времени научных и практических знаний. Преемственность с идеями Н. И. Вавилова и Г. Д. Карпеченко явилась психологической доминантой в дальнейших экспериментальных исследованиях отдела генетики ВИР.

В период 1979–1980 гг. отделом генетики руководил кандидат биологических наук Владимир Мильевич Берлянд-Кожевников (рис. 9).

В 1980 г. на должность заведующего отделом генетики по конкурсу был избран Анатолий Федорович Мережко, который руководил подразделением до 1987 г. В 1990 г. защитил докторскую диссертацию «Генетические основы поиска, создания и использования доноров селекционно-ценных признаков пшеницы» по специальностям «генетика» и «селекция и семеноводство» (Merezhko, 1988). В период 1980–1992 гг. профессор А. Ф. Мережко был представителем СССР и Российской Федерации в центральном совете Комитета генетических банков EUCARPIA.

С приходом А. Ф. Мережко в отдел генетики концепция основных направлений научных исследований осталась прежней, однако несколько сместился акцент научной работы в сторону необходимости развития системного подхода к изучению сортового разнообразия культивируемых растений. А. Ф. Мережко считал крайне важной концентрацию усилий научных сотрудников на разработке эффективных методов подбора и генетического анализа исходного материала для селекции и создания доноров хозяйственно важных признаков (рис. 10, 11). По его мнению, необходима более полная информа-



Рис. 9. В. М. Берлянд-Кожевников

Fig. 9. V. M. Berlyand-Kozhevnikov

ция для селекционеров по генетике признаков тех образцов, которые рекомендованы для включения в селекционный процесс.

В 1988–2005 гг. отделом заведовал профессор Б. В. Ригин (рис. 12). Борис Викторович – яркий представитель поколения ученых, которые внесли неоценимый вклад в возрождение генетических исследований в ВИР в 1960-х годах и обеспечили преемственность идей Н. И. Вавилова в области генетики культурных растений в последующие годы. Широкое признание принесли ему работы в области отдаленной гибридизации и частной генетики культурных злаков (Goncharov et al., 2020).

В докторской диссертации («Генетические основы и перспективы гибридизации *Triticum* L. × *Secale* L.») им впервые были обобщены результаты комплексного исследования совместимости видов пшеницы и ржи, а также генетических основ интрогрессии генов ржи, контролирующих адаптивно важные признаки, в геном мягкой пшеницы (Rigin, 1986). Впервые был дан сравнительный анализ генетики признаков устойчивости

растений пшеницы и ржи к неблагоприятным факторам среды и разработаны пути использования генетического потенциала ржи в селекции пшеницы и тритикале. Экспериментально было доказано, что ни одна из хромосом ржи не обеспечивает в отдельности такой устойчивости к неблагоприятному фактору среды, как целый геном ржи. В сфере научных интересов Бориса Викторовича важное место занимали анализ скороспелости культивируемых растений, проблемы устойчивости зерновых культур к экстремальным почвенным факторам – засоленности почвы, высокому содержанию токсичных ионов тяжелых металлов.

Таким образом, основными направлениями научной работы отдела генетики с 1980-х годов стали следующие.

1. Сравнительный анализ генетической структуры возделываемых видов злаков в исследованиях роста, типа и скорости развития, устойчивости растений к грибным болезням, вредным насекомым, а также к морозу, высокому содержанию в почве хлорида натрия и токсичных ионов алюминия, разработка генетических методов создания доноров генов, ценных для селекции. Составной частью этого раздела является анализ генетической детерминации отдельных этапов онтогенеза растений и их адаптивности по отношению к экстремальным биотическим и абиотическим факторам среды и роли регуляторов в индивидуальном развитии.

2. Исследования сравнительной генетики видов разных систематических групп растений. Выяснение генетических и цитогенетических механизмов интрогрессии чужеродных генов и разработка путей их использования в улучшении культивируемых видов.

3. Изучение мутагенеза, алло- и автополиплоидии как факторов возникновения новых форм растений и разработка методов их использования в селекционном процессе.

4. Генетика систем размножения культивируемых злаков.



**Рис. 10. Стоят слева направо:
А. Ф. Мережко, Т. В. Лебедева,
Э. В. Таврин, Р. М. Карамышев, 1987 г.**

**Fig. 10. From left to right, standing:
A. F. Merezhko, T. V. Lebedeva, E. V. Tavrinn,
and R. M. Karamyshev, 1987**



Рис. 11. Б. В. Ригин и А. Ф. Мережко, 1987 г.

Fig. 11. B. V. Rigin and A. F. Merezhko, 1987



Рис. 12. Б. В. Ригин

Fig. 12. B. V. Rigin

5. Формирование и поддержание в живом виде генетических коллекций как инструмента генетического анализа и изучения генофонда видов, а также как формы сохранения разнообразия культивируемых растений и их диких родичей.

Ниже отметим некоторые успехи сотрудников отдела генетики в области названных направлений.

1. Устойчивость к неблагоприятным факторам среды

В конце 1930-х гг. Т. Я. Зарубайло совместно с И. А. Костюченко впервые выявили и экспериментально показали способность зерновок хлебных злаков в состоянии до молочной, молочной и начале восковой спелости проходить яровизацию на материнском растении в условиях пониженных температур и достаточной влажности воздуха. Исследования активно поддержал Н. И. Вавилов. Он считал, что они являются «...оригинальными, исключительно ценными по их перспективам и выводам и, несомненно, заслуживают самого серьезного внимания» (TsGANTD SPb. F. 318. Op. 1. D. 1194. L. 111). Позднее Т. Я. Зарубайло неоднократно возвращался к этой интересной проблеме. Можно утверждать, что эти работы были началом развития нового раздела физиологической генетики – генетики скорости и типа развития растений. В дальнейшем это направление исследований стало одним из основных в отделе генетики.

Н. И. Вавилов и Е. С. Кузнецова обнаружили полигенную природу контроля ярового-озимого типа развития у мягкой пшеницы (Vavilov, Kuznetsova, 1923). В дальнейшем работами других исследователей выявлено пять доминантных генов *Vrn* (от англ. *response to vernalization*), определяющих яровой тип развития у этого вида. Наличие в генотипе рецессивных аллелей всех генов *Vrn* определяет озимый тип развития растения. Для некоторых генов *Vrn* выявлено наличие множественных аллелей. Кроме того, сортам пшеницы свойственна реакция на разный фотопериод, различия по которой контролируются, как минимум, тремя неаллельными генами *Ppd* (от англ. *response to photoperiod*).

В области генетики типа и скорости развития зла-

ков работали Б. В. Ригин, А. Ф. Мережко, Р. М. Карамышев, С. Н. Звейнек, В. А. Кошкин (отдел физиологии ВИР). С использованием тестерных линий выявлено, что тип развития исследуемых сортов мягкой пшеницы контролируется главными генами *Vrn1*, *Vrn2*, *Vrn3* (по новой терминологии *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1* соответственно). Встречаемость в генотипах мягкой пшеницы доминантных аллелей генов *Vrn* неодинакова: *Vrn1* (*Vrn-A1*) более распространен, *Vrn3* (*Vrn-D1*) встречается не так часто. Определена генетическая природа зимующих яровых пшениц, так называемых «двуручек», выявлена их высокая реакция на короткий день и морозоустойчивость, позволяющие в большинстве случаев успешно переносить зимы (перезимовывать). Генетический контроль ярового типа развития «двуручек» оказался разнообразным, сравнимым с таковым у мягкой пшеницы, что позволяет по-новому рассматривать систематическое положение этой группы растений.

Т. С. Репиной и М. С. Летифовой сделан сравнительный анализ генетики скорости и типа развития гексаплоидного ($2n = 6x = 42$) *Triticum aestivum*, тетраплоидного ($2n = 4x = 28$) *T. dicoccum* Schrank ex Schuebl. и диплоидного ($2n = 2x = 14$) *T. monoccum* видов пшеницы (Rigin et al., 1994).

Эти работы соприкасаются с проблемой скороспелости мягкой пшеницы, которая, возможно, зависит от экспрессии не только генов *Vrn*, *Ppd*, но и генов *per se* (*Eps*), детерминирующих «скороспелость в узком смысле». Возможно, ген *Eps*, обуславливающий ультраскороспелость растений пшеницы, является блоком полигенов (модификаторов) с малым эффектом, определяющих непрерывную изменчивость, и сцепленных с геном, который идентифицируется методами гибридологического анализа. Созданы ультраскороспелые линии Рико, превосходящие по этому признаку образцы мягкой пшеницы коллекции ВИР, колосящиеся одновременно со скороспелыми образцами ячменя *Hordeum vulgare*. Возможно, скорость развития линий Рико – крайний предел проявления признака у растений этого вида. Такие линии имеют ценность как для селекции на скороспелость, так и для изучения генетики данного признака в модельных экспериментах.

В монографиях Б. В. Ригина и Н. П. Гончарова «Генетика онтогенеза пшеницы» (Rigin, Goncharov, 1989) и Н. П. Гончарова «Сравнительная генетика пшениц и их сородичей» (Goncharov, 2012) особое внимание уделено проблеме наследования длины вегетационного периода и роли генов, контролирующей реакцию растений на яровизацию и фотопериод.

По значимости для селекции особо следует выделить работы Т. Я. Зарубайло, А. Ф. Мережко, Л. В. Прилюк, Л. В. Писаревой и И. А. Звейнека по изменчивости и наследованию признака короткостебельности сортов мягкой пшеницы. Такая особенность растений пшеницы в основном определяет степень устойчивости сортов к полеганию. На основе обширной и многоплановой экспериментальной работы дан анализ влияния конкретных генов мягкой пшеницы *Triticum aestivum* и их взаимодействия на высоту растений и компоненты продуктивности

пшеницы в определенных градиентах экологических факторов. Созданы почти изогенные линии по семи генам, контролирующим высоту растений мягкой пшеницы, сформирована генетическая коллекция и получены доноры, сочетающие короткостебельность с крупностью зерна. Разработана стратегия использования таких генов в селекционном процессе. Сотрудники отдела генетики являются соавторами монографии «Генетика культурных растений. Зерновые культуры» (Kobylyansky, Fadeeva, 1986).

Генетика устойчивости растений к болезням и проблема интрогрессии генов устойчивости в идейном отношении имеет преемственность с исследованиями 1920–30-х годов, с идеями Н. И. Вавилова и П. М. Жуковского о центрах происхождения возделываемых видов растений и сопряженной эволюции растения-хозяина и паразита.

В отделе генетики работа в этом направлении была сконцентрирована на познании генетических механизмов непоражаемости зерновых культур возбудителями мучнистой росы и ржавчинных болезней.

И. Г. Одинцовой и Т. В. Лебедевой выявлено наследственное разнообразие по устойчивости среди разных видов пшеницы и подтверждено наблюдение Н. И. Вавилова о высокой устойчивости к грибным болезням растений диплоидных и тетраплоидных видов пшеницы. У мягкой пшеницы *T. aestivum* обнаружены новые устойчивые к болезням генотипы и идентифицированы неизвестные ранее эффективные гены устойчивости к ржавчине и мучнистой росе, изучена их экспрессия в зависимости от условий среды. Для некоторых генов устойчивости к мучнистой росе пшеницы характерно наличие фазоспецифичности: включение активности гена зависит от этапа онтогенеза, поэтому механический перенос сведений о генетическом контроле устойчивости проростков на взрослую фазу растений может привести к ошибочной интерпретации данных фитопатологического и генетического анализа. Впервые высказано предположение, что главные и малые гены устойчивости являются разными этапами эволюции взаимодействия хозяина и паразита.

Путем моносомного и фитопатологического анализов у образца к-15560 мягкой пшеницы из Дагестана Т. В. Лебедевой и Х. Пеуша локализован в хромосоме 7В ген устойчивости к мучнистой росе, который является оригинальным, или новым аллелем известного гена *Pm5*.

В докторской диссертации Ирины Георгиевны Одинцовой «Генетика устойчивости пшеницы к бурой ржавчине и стратегия селекции» (Odintsova, 1987) обобщены многолетние комплексные исследования генетического контроля устойчивости пшеницы к бурой ржавчине. В диссертации дан анализ влияния расообразовательных процессов в различных районах на устойчивость сортов. Впервые представлен экспериментальный материал, доказывающий возможность «эволюционного преодоления паразитом остаточного эффекта генов устойчивости вплоть до отрицательных значений признака». Разработаны направления стратегии селекции на устойчивость к бурой ржавчине пшеницы.

Приоритетные сведения получены В. Д. Кобылян-

ским и О. В. Солодухиной в области генетики ржи. Показано, что естественные популяции ржи содержат редкие биотипы – источники генов устойчивости к бурой, стеблевой ржавчине и мучнистой росе. Разработан метод идентификации генов устойчивости ржи и впервые в мировой науке было показано, что непоражаемость бурой ржавчиной детерминирована как минимум 6 доминантными генами (*Lr4–Lr8*, *Lr10*), стеблевой – двумя (*Sr1*, *Sr2*). Большинство идентифицированных олигогенов ржи представляет собой блоки сцепленных генов, ответственных за устойчивость к отдельным клонам гриба. У ржи *Secale cereale* существуют генетические механизмы, обеспечивающие длительную устойчивость этой культуры к бурой и стеблевой ржавчине (30–80 и более лет) (Kobylyansky, Solodukhina, 2004; Solodukhina, 2003).

Разработаны теоретические основы нового направления селекции – создание короткостебельных, иммунных к листостебельным болезням сортов озимой ржи, и стратегия селекции на устойчивость к грибным болезням. Положения этой стратегии легли в основу создания полирезистентных популяций ржи и болезнеустойчивых сортов ‘Ника’, ‘Кировская 89’, ‘Эстафета Татарстана’, ‘Эра’.

Е. Е. Радченко изучал эколого-генетические особенности взаимодействия злаков с насекомыми. В результате анализа мирового генофонда удалось выделить значительное число доноров устойчивости зерновых культур к вредителям, исследовать механизмы резистентности, идентифицировать 15 генов устойчивости сорго к обыкновенной злаковой тле. Показано наличие внутривидовых форм злаковых тлей как в странах бывшего СССР, так и в России, выявлен внутривидовой полиморфизм фитофагов по генам вирулентности. В процессе исследований модифицированы известные и разработаны оригинальные методы изучения взаимоотношений тлей и их растений-хозяев. С использованием генов *Sgr5–Sgr8*, контролирующих высокую устойчивость сорго к обыкновенной злаковой тле, создан ценный исходный материал для селекции, причем поврежденность листовой поверхности растений с этими генами не превышает 10% (Radchenko et al., 2022).

Важным аспектом проблемы устойчивости растений пшеницы, ячменя, тритикале к неблагоприятным экологическим факторам является их способность реагировать и адаптироваться к низким температурам и экстремальным эдафическим факторам – засоленности почвы, высокому содержанию токсичных ионов водорода, алюминия, марганца и других ионов тяжелых металлов. Это весьма актуально для России, где значительная часть посевов зерновых находится в зоне «рискованного земледелия».

В работах Б. В. Ригина, В. С. Ковалю, О. В. Яковлевой продемонстрировано несколько подходов к анализу генетических систем, контролирующих устойчивость растений к экстремальным эдафическим факторам. Так, анеуплоидный анализ был использован при генетическом изучении высокой морозостойкости мягкой пшеницы, феноменологический подход был применен при исследовании генетики устойчивости ячменя к эдафическим факторам. Впервые выяснены основные закономер-

ности видового разнообразия и наследования реакции растений ячменя на высокое засоление почвы хлоридом натрия и повышенное содержание токсичных ионов алюминия. Идентифицированы главные гены, ответственные за эти признаки. Отмечены случаи взаимодействия как ядерных, так и цитоплазматических генов в контроле устойчивости ячменя к высоким концентрациям соли и толерантности тритикале к абиотическим стрессам. Однако в отдельных опытах особенности фенотипа растений могут быть объяснены не экспрессией ядерных и цитоплазматических генов в отдельности, а эффектами взаимодействия генов ядра и цитоплазмы, а также мобильных элементов. Важным является изучение стабильности этих реакций в различных онтогенетических и экологических градиентах.

Сотрудником отдела генетики З. Б. Гуляевой созданы замещенные линии яровой мягкой пшеницы Chinese Spring по хромосомам высоко морозостойкой озимой пшеницы Ульяновка и локализованы гены, ответственные за опущение колосковых чешуй и фиолетовую окраску ушек листового влагалища.

2. Совместимость видов и интрогрессия чужеродных генов

Традиционными со времен Г. Д. Карпеченко продолжают оставаться исследования результатов отдаленной гибридизации, изучение генетических и цитогенетических механизмов совместимости видов, относящихся к различным систематическим группам, и использование чужеродных генов для целей познания филогении и возможности создания новых хозяйственно ценных рекомбинантов, улучшения культивируемых растений.

Э. В. Таврин впервые в мире в 1964 г. осуществил ресинтез вида пшеницы *Triticum zhukovskyi* Menabde et Ericzjan и с использованием генетических методов и белковых маркеров исследовал возможные пути происхождения *T. macha* Dekapr. et Menabde. Этим ученым создана серия межвидовых аллогексаплоидов пшеницы от скрещивания тетраплоидных видов с однозернянкой. Некоторые из них характеризуются высокой устойчивостью к грибным болезням и высоким содержанием белка в зерне. Однако полиплоиды оказались в основном не константными. Л. В. Прилюк создала и изучила новые аллополиплоиды от скрещивания диплоидных видов пшеницы *T. monococcum* и *T. urartu* Thum. ex Gandilyan с рожью *Secale cereale*. Этому способствовала разработка и освоение в отделе генетики новых для ВИР методов культивирования гибридных зародышей, клонального размножения гибридов F_1 с помощью культуры каллусных тканей, что расширило возможности анализа совместимости различных видов и синтеза новых хозяйственно ценных форм растений. Б. В. Ригиным сделан генетический анализ скрещиваемости представителей мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) с культурной рожью (*Secale cereale*) и определена экспрессия двух генов *Kr1* и *Kr2*, контролирующих этот признак. Впервые аргументировано представление о наличии параллелизма скрещиваемости различных генотипов мягкой пшеницы с отдаленными видами, что позволило оценить роль генов *Kr*

в процессах дивергенции родов трибы *Triticeae* Dumort. и использовать их в интрогрессивной гибридизации. Продemonстрировано наличие множественного аллелизма генов *Kr*. Вполне возможно, что рецессивный признак «легкая скрещиваемость» мягкой пшеницы с другими видами мутационным путем возник среди пшениц Китая и сохранился у них благодаря отсутствию перекрестного опыления в определенных географических условиях.

Пшенично-ржаные аллополиплоиды (тритикале) в определенной степени генетически обособлены от родительских видов. Как показали опыты, результативным методом увеличения их наследственной изменчивости является гибридизация отдельных аллополиплоидов разных хромосомных групп. Тритикале как носитель генома ржи может быть источником новых ценных для селекции генов, контролирующих высокую морозостойкость, непоражаемость мучнистой росой, пыльной и твердой головней.

Н. А. Скурыгина, И. Г. Одинцова и Т. В. Лебедева получили доказательство сложной структуры генетического материала *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., *T. monococcum*, *Aegilops speltoides* Tausch, переданного в геном мягкой пшеницы *Triticum aestivum*. Такой вывод важен для конструирования иммунных сортов пшеницы и познания механизмов интрогрессии чужеродных генов, детерминирующих устойчивость к грибным болезням. Так, Н. А. Скурыгина исследовала особенности интрогрессии генетического материала *T. dicoccum*, *T. persicum* и *T. timopheevii*, обеспечивающего устойчивость растений к грибным болезням, в геном мягкой пшеницы *T. aestivum*. По ее представлениям, у вида *T. timopheevii* высокоэффективные гены устойчивости к мучнистой росе и бурой ржавчине являются специфичными для данного вида и обеспечивают устойчивость очень широкого диапазона. Однако такие высокоэффективные гены отсутствуют у представителей других видов тетраплоидной группы пшеницы. Н. А. Скурыгиной удалось создать серию продуктивных интрогрессивных линий мягкой пшеницы, производных от *T. timopheevii*, с эффективными генами устойчивости к мучнистой росе и бурой ржавчине, которые широко использовались в селекционном процессе.

Как известно, увеличение содержания каротина в плодах томата — одна из главных задач селекции этой культуры. В этом направлении была успешной работа Г. А. Воробьевой по передаче хозяйственно ценных чужеродных генов *Solanum pennellii* Corr. в генотипы культивируемого вида томата *Lycopersicon esculentum* Mill. Среди таких межвидовых гибридов выделены константные оранжевоплодные линии с содержанием каротина до 17 мг/100 г, т. е. в 9–10 раз превышающим исходный сорт. Содержание каротина в таких линиях, вероятно, связано с экспрессией гена *B*. Отобраны формы культурного томата с высокой устойчивостью к вирусу табачной мозаики, присущей *Solanum pennellii*, в сочетании с другими полезными признаками (Vorob'eva, 1976).

Широко известны работы Н. М. Зотеевой, посвя-

щенные изучению культурного и дикого картофеля по устойчивости к болезням. Среди разнообразия видов картофеля выделены источники высокой устойчивости к фитофторозу и вирусам. Создана и поддерживается коллекция сложных межвидовых гибридов с интродуцированными генами устойчивости к патогенам (Zoteyeva, 2005; Zoteyeva et al., 2024).

3. Мутагенные факторы и полиплоидия

Наиболее активное изучение влияния мутагенных факторов и изменения числа хромосом применительно к практическим задачам началось в 40–50-х гг. прошлого века. На базе отдела генетики впервые в СССР Т. Я. Зарубайло, М. М. Кислюком и Н. Н. Кожушко организованы и осуществлены эксперименты в области радиационного мутагенеза у различных видов пшеницы, ячменя, овса с использованием γ -поля Московского отделения ВИР. Установлено влияние степени пloidности на мутабельность и чувствительность к γ -облучению на разных этапах органогенеза растений. Индуцированы новые мутации морфологических и ценных для селекции признаков. Впервые экспериментально показана возможность получения мутаций путем воздействия ультразвуком. В таких случаях мутагенный эффект экзогенных факторов может быть следствием как прямого влияния на процесс мейоза, так и опосредствованно, путем изменения метаболизма растения в целом. При этом в ряде опытов существенно возрастает частота мутирования отдельных генов.

Л. А. Писаревой проведен поиск и анализ специфичности химических мутагенов (этиленмин и N-нитрозоэтилмочевина) и их зависимость от внешних факторов. Под действием этиленмина на растения пшеницы сорта 'Диамант' получены скороспелые короткостебельные формы. Согласно опытам, воздействием эндогенными и экзогенными факторами можно повысить вероятность доступных отбору хозяйственно ценных генотипов. В связи с этим, сформировалось мнение о целесообразности использования индуцированного мутагенеза как важного элемента селекции (Pisareva, 1987).

Силами своих аспирантов и научных сотрудников Т. Я. Зарубайло организовал и осуществил исследования по экспериментальному получению полиплоидных форм сельскохозяйственных растений, анализу их роли в селекционном процессе. В этом направлении Н. И. Приходько, Т. И. Соболевой и Р. И. Ионушите впервые выявлен и изучен эффект автополиплоидии у томата, моркови, капусты, вики. Экспериментально установлен факт изменения параметров признаков морфологии и продуктивности после удвоения числа хромосом у моркови, что позволяет использовать автополиплоиды в селекционном процессе. В опытах Н. И. Приходько автополиплоиды моркови превосходили диплоиды по темпам роста и величине корнеплодов.

К. З. Будиным и Т. И. Соболевой уточнена методика получения дигамплоидов картофеля и идентифицированы примитивные диплоидные виды, способствующие более высокому выходу дигамплоидов при скрещивании их с культурными видами. Разработана уникальная система

применения гамплоидов в селекции картофеля, что имеет особое значение для вида с высокой степенью гетерозиготности. С применением дигамплоидов создано большое количество двух- трехвидовых и более сложных межвидовых гибридов картофеля, и среди них образцы гибридов, превосходящие по продуктивности стандартный сорт картофеля 'Детскосельский'.

Н. И. Приходько одной из первых в стране экспериментально получены гамплоидные растения и гомозиготные андрогенетические линии мягкой пшеницы в культуре пыльников и определена существенная роль агроклиматических условий выращивания донорских растений на индуцирование пыльцевых растений (Prikhodko, 1989).

Л. Г. Тырышкин исследовал возможность расширения запаса генов устойчивости пшеницы и ячменя с помощью индукции соматоклональной изменчивости в культуре ткани. Он пришел к выводу об отсутствии иных эффективных генов устойчивости пшеницы к бурой ржавчине, кроме *Lr9*, *Lr19*, *Lr24* и *Lr41*. Задача особенно остра для карликовой ржавчины ячменя, против которой известен лишь один эффективный ген *Rph7*, и темно-бурой листовой пятнистости ячменя (только ген *Rcs5*), а высокоустойчивые к бурой листовой пятнистости, корневой гнили и септориозу образцы пшеницы отсутствуют в коллекции. Отбор *in vitro* позволил выделить устойчивые к токсинам возбудителя темно-бурой листовой пятнистости линии и регенерировать из них фертильные растения (Tyryshkin, 2007; 2009).

4. Генетика систем размножения

Генетика систем размножения как одно из направлений биологии развития растений начало формироваться при Г. Д. Карпеченко. Об этом выше уже упоминалось. Как известно, в процессе репродукции высших растений ключевую роль играет мейоз. Он обеспечивает генетическую стабильность и изменчивость вида эукариот. Открыты гены, ответственные за регуляцию гомологичной конъюгации и рекомбинации хромосом у видов различных систематических групп эукариот. Выяснены молекулярные механизмы синапсиса и мейотической рекомбинации. Благодаря работам Инны Никитичны Голубовской и сотрудников создана уникальная коллекция мейотических мутантов кукурузы. Большинство мутаций мей-генов кукурузы получено с использованием транспозонного мутагенеза. Мейотические гены классифицированы, определено, какое из семи цитогенетических событий мейоза (инициация, конъюгация гомологов, рекомбинация, хиазмообразование, сегрегация хромосом, цитокинез, второе деление мейоза) контролируется этими генами. Выявлен относительно автономный генетический контроль основных ключевых событий мейоза и установлен характер взаимодействия мей-генов. Важным достижением является выявление серии мутантных аллелей. Некоторые мей-гены кукурузы картированы и клонированы.

Впервые, с использованием модифицированного метода вычленения семяпочки кукурузы, сотрудника

ми отдела генетики показано, что не у всех выделенных мей-генов можно наблюдать фенотипические эффекты при мегаспорогенезе. Знание генетических механизмов регуляции клеточного деления будет способствовать конструированию ценных генотипов в процессе селекции, в том числе и с использованием методов биотехнологии и генной инженерии.

Цикл экспериментальных работ по генетике самонесовместимости ржи позволил Игорю Михайловичу Сурикову выдвинуть новую гипотезу о возможной зависимости самостерильности растений от экспрессии целого ряда взаимодействующих гаметофитных локусов; между различными аллелями одного и того же гена, а также аллелей разных гаметофитных факторов. Различия между популяциями по степени самофертильности определяют различия в концентрации доминантных и рецессивных аллелей гаметофитных локусов (Surikov, 1972). На примере ржи разработан результативный метод использования генов самонесовместимости в генетическом анализе. И. М. Суриков и Наталья Ивановна Киссель изучали наследование признака хорошей скрещиваемости пшеницы с рожью, создали на основе сорта 'Приекульская 481' линии, характеризующиеся высокой скрещиваемостью с рожью (Surikov, Kissel, 1980). Совместно с Натальей Павловной Романовой И. М. Суриковым получены оригинальные данные в области частной генетики ржи (Surikov, Romanova, 1982).

В связи с большими надеждами в 70-х годах прошлого века на получение гетерозисных гибридов мягкой пшеницы *T. aestivum* были организованы исследования в этом направлении и в отделе генетики. Н. А. Скурыгиной определена генетическая детерминация восстановления фертильности у форм мягкой пшеницы с цитоплазмой *T. timopheevii* и, что более важно, впервые зафиксирован стерилизующий эффект цитоплазмы *T. araraticum* Jakubz. К сожалению, у пшеницы из-за особенностей ее биологии такое направление работы не получило дальнейшего развития.

5. Проблема исходного материала для селекции, формирование и поддержание в живом виде генетических коллекций

Формирование принципов создания исходного материала для селекции растений и генетических коллекций является одной из важных задач отдела генетики ВИР. Во многих публикациях Т. Я. Зарубайло высказывал мнение о методах подбора исходного материала для селекции. Им впервые дано наиболее удачное определение понятия «донор». Он писал в 1976 г.: «Слово “донор” означает “дающий”, “дарящий”. Поэтому донорами следует называть лишь те сорта или линии с высокими показателями того или иного признака, которые могут передать этот признак другим сортам сравнительно легко и не передадут вместе с ним каких-либо нежелательных признаков, от которых трудно или даже невозможно будет освободиться без одновременной утери переданного полезного признака» (Zarubaylo, 1976, p. 6).

Широкую известность и положительную реак-

цию генетиков и селекционеров получила разработка А. Ф. Мережко системного подхода к анализу генотипического разнообразия культивируемых видов растений и создания ценных для селекции доноров. Мережко предложена следующая интерпретация понятий «источник» и «донор»: «1) источник – образец, имеющий нужное селекционеру среднее значение определенного признака и принадлежащий к культурному виду или его дикорастущему сородичу; 2) донор – генетически изученный источник, который: а) способен легко скрещиваться с улучшаемыми сортами и линиями и производить жизнеспособное высокофертильное гибридное потомство; б) обеспечивает желаемый эффект в широком спектре гибридных комбинаций; в) не обладает какими-либо негативными характеристиками, которые тесно связаны с другими важными признаками и снижают урожай или качество продукции до экономически неприемлемого уровня» (Merezhko, 2005, p. 192).

В отделе генетики впервые с привлечением большого экспериментального материала и анализа литературных сведений О. П. Митрофановой сформулированы основные принципы и разработаны методы создания признаковой и генетической коллекции мягкой пшеницы *T. aestivum* с четко различимыми биохимическими и морфологическими признаками и идентифицированными генами для маркирования хромосом. С этой целью впервые разработана система создания эталонной коллекции мягкой пшеницы, которая отражает и спектр определенных наследственных вариантов вида. Отдельным элементом программы является формирование и поддержание в живом виде генетических коллекций и доноров с ценными для селекции идентифицированными генами (Mitrofanova, 1994).

Сохранение самых разнообразных генов растений и их сочетаний может иметь значение для будущего развития науки и общества в целом в связи с возникновением новых требований и возможностей использования генетического потенциала растений, с применением достижений молекулярной и клеточной биологии. В определенной степени эти соображения легли в основу разработки в ВИР многолетней программы по изучению и расширению генетических коллекций и созданию доноров ценных для селекции генов важнейших сельскохозяйственных растений. В 2005 году была издана коллективная монография «Идентифицированный генофонд и селекция растений» (Rigin, Gaevskaya, 2005), подводящая итог исследованиям по генетике признаков многих культур и созданным к тому времени генетическим коллекциям.

Современное состояние исследований в отделе генетики

В результате структурно-организационного реформирования Пушкинских лабораторий ВИР в 2000-х годах были объединены отделы иммунитета и генетики; с 2022 г. штат пополнился сотрудниками отдела физиологии растений. В 2007 г. на должность заведующего по

конкурсу был избран Евгений Евгеньевич Радченко, который руководил отделом до 2025 г., а с января этого года – Ренат Абдуллаевич Абдуллаев (рис. 13, 14).

Начиная с середины 2000-х гг. при изучении изменчивости культурных растений и их диких родичей по адаптивно ценным и важным биологическим признакам применяются современные молекулярно-генетические методы. Сотрудниками отдела модифицированы методы выделения ДНК из различных видов растений и разработаны методические рекомендации для проведения молекулярно-генетического скрининга образцов коллекций зерновых (ячмень, мягкая и твердая пшеница, сорго), масличных (подсолнечник), овощных (салат) растений, видов картофеля. С помощью специфических ПЦР-маркеров проводится поиск носителей ценных аллелей генов устойчивости к возбудителям наиболее вредоносных заболеваний: бурой ржавчины пшеницы, мучнистой росы ячменя, фитофтороза и вируса Y картофеля, ложной мучнистой росы и ржавчины подсолнечника.

Так, на основе комплексного подхода, сочетающего фитопатологический, молекулярно-генетический и гибридологический анализы, в обширных выборках (более 2000 образцов) ячменя из Дагестана и Эфиопии Р. А. Абдуллаев с коллегами идентифицировали ряд образцов, обладающих эффективным аллелем *mlo11*, обеспечивающим длительную устойчивость к возбу-



Рис. 13. Р. А. Абдуллаев

Fig. 13. R. A. Abdullaev

ждению мучнистой росы. Еще один эффективный аллель – *mlo11(cnv2)* – выявлен и охарактеризован у четырех образцов из Эфиопии и Японии (Abdullaev et al., 2021).

В результате изучения 200 образцов ячменя из Японии выявлен образец к-17545 (Jap.456) – носитель уникального мутантного аллеля *eam8* в локусе EAM8 (Early Maturity), детерминирующего слабую чувствительность к фотопериоду (Zveinek et al., 2022). На основе анализа данных фенотипирования и генотипирования охарактеризовано аллельное разнообразие локусов *Vrn* (тип развития яровой-озимый) и *Ppd* (реакция на фотопериод) обширной выборки образцов ячменя различного геогра-



Рис. 14. Е. Е. Радченко

Fig. 14. E. E. Radchenko

фического происхождения. С помощью аллель-специфичных маркеров генотипированы созданные Б. В. Ригиным ультраскороспелые линии яровой мягкой пшеницы и скороспелые образцы яровой твердой пшеницы.

Под руководством Е. Е. Радченко в отделе успешно продолжают исследования по генетике устойчивости культурных растений и их диких родичей к вредным организмам. Галина Сергеевна Коновалова проводит уникальные исследования генетического контроля устойчивости ячменя к возбудителю ринхоспориоза, поиском доноров эффективных генов устойчивости. Лариса Васильевна Ермолаева – ведущий специалист по изучению устойчивости овощных и плодовых культур к насекомым. Мария Михайловна Ковалева изучает устойчивость образцов коллекции пшеницы к возбудителям таких опасных заболеваний, как фузариоз колоса и пыльная головня, результаты ее многолетних исследований используются при создании доноров устойчивости. Анна Павловна Хохлова известна своими работами по устойчивости ячменя к головневым болезням.

Недавно в состав отдела вошли уникальные специалисты, изучающие генетическое разнообразие культурных растений по физиологическим признакам. Инна Ивановна Матвиенко с коллегами в течение многих лет проводит оценку образцов коллекций генетических ресурсов зерновых, крупяных, бобовых и технических культур.

В совместных исследованиях с сотрудниками отдела генетических ресурсов зернобобовых культур показана возможность использования RAPD-маркеров для идентификации дублетных образцов в коллекциях гороха и фасоли. И. Н. Анисимовой и Н. В. Алпатьевой (рис. 15, 16) впервые определена нуклеотидная последовательность гена, кодирующего уникальный богатый метионином альбумин SFA8 семян подсолнечника и выявлены SNP, ассоциированные с электрофоретическими вариантами белка.

Явление цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), открытое на кукурузе независимо и практически одновременно Маркусом Роудсом в США и сотрудником отдела генетики ВИР М. И. Хаджиновым в СССР, безусловно, стало одним из величайших открытий генетики растений XX века, которые сыграли огромную роль в растение-

водстве. Оно предоставило селекционерам уникальную возможность проводить контролируемое опыление для получения семян гетерозисных гибридов. Лишь в 70-х годах прошлого века была установлена связь фенотипа ЦМС с перестройками митохондриального генома и вызванными ими нарушениями взаимодействий ядерного и цитоплазматического геномов. В начале нового тысячелетия была установлена молекулярная природа ядерных генов, включение которых в генотип ЦМС-растений восстанавливает фертильность пыльцы, и продемонстрирована гомология их структуры у различных видов.

В отделе генетики проводятся исследования генетических систем ЦМС-*Rf*, используемых при создании гетерозисных гибридов подсолнечника и сорго (Anisimova et al., 2025). И. Н. Анисимовой с коллегами с помощью специфичных маркеров локуса *Rf1* и митохондриального гена, ассоциированного с признаком ЦМС, генотипированы линии подсолнечника, перспективные для использования в гетерозисной селекции. Показано, что одной из причин пониженной рекомбинации в районе хромосомы 13, включающей кластеры генов восстановления фертильности (*Rf1*) и устойчивости к ложной мучнистой росе (*PI*), может быть гибель зигот определенного генотипа. Впервые на цитологическом уровне охарактеризован признак «малопыльцовости» подсолнечника, проявляющийся у носителей доминантного аллеля гена *Rf1* в расщепляющихся гибридных популяциях F_2 от скрещиваний стерильной линии с восстановителем фертильности. Н. В. Алпатьевой с соавторами всесторонне охарактеризованы созданные Е. Е. Радченко новые линии сорго – перспективные источники генов восстановления фертильности пыльцы. Наличие доминантного аллеля гена *Rf2*, локализованного на хромосоме 2, подтверждено с помощью аллель-специфичного CAPS-маркера, раз-



Рис. 15. И. Н. Анисимова

Fig. 15. I. N. Anisimova

работанного в ходе исследования. В совместных исследованиях с Т. А. Гавриленко (отдел биотехнологии ВИР) в геноме картофеля *Solanum tuberosum* L. И. Н. Анисимовой и Н. В. Алпатьевой впервые обнаружены гомологи генов восстановления фертильности пыльцы, что открывает перспективы для разработки генетических систем ЦМС-*Rf* ценной вегетативно размножаемой культуры (рис. 17).

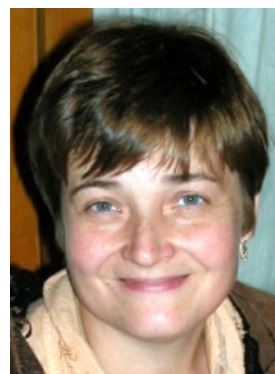


Рис. 16. Н. В. Алпатьева

Fig. 16. N. V. Alpatieva

Исследования по выяснению механизмов интрогрессии при гибридизации филогенетически отдаленных видов принадлежат к числу классических работ ученых ВИР, с которыми, прежде всего, связана история отдела генетики с первых дней его создания. Эта область исследований относится к числу наиболее сложных и требует комплексного подхода с привлечением как классических, так и современных методов. И. Н. Анисимова с коллегами изучили особенности проявления нестабильности генома у гибридов от скрещиваний инбредных линий культурного подсолнечника *Helianthus annuus* L. с многолетними видами рода *Helianthus* L., а также созданных на их основе интрогрессивных линий. С использованием комплекса методов был установлен «неслучайный» характер наследования полиморфных вариантов запасного белка семян гелиантина, с помощью ДНК-маркеров показана нестабильность генома интрогрессивных линий даже после многолетнего инбридинга. Для объяснения «неслучайного» характера наследования компонентного состава запасных белков семян авторы выдвинули гипотезу о связи выявленной изменчивости с реорганизациями генома под влиянием индуцированного межвидовой гибридизацией «геномного шока». Аналогичные данные об особенностях наследования белков у межродовых пшенично-ячменных гибридов получила сотрудница отдела биотехнологии Г. И. Пендинен (Pendinen et al., 2005).

Таким образом, на современном этапе работы основной целью исследований отдела генетики (рис. 18, 19), как и на протяжении всей истории его развития, остается раскрытие генетического потенциала разнообразия растительных ресурсов культурных растений и их диких родичей по важнейшим биологическим и агрономическим признакам. Основной подход – сравнительно-генетический, в основу которого положена концепция Н. И. Вавилова о параллелизме наследственной изменчивости; методология исследований – комплексность, использование фенотипического, гибридологического, популяционного, цитогенетического и молекулярно-генетического методов анализа.



Рис. 17. Коллеги – сотрудники отделов генетики и биотехнологии:
И. Н. Анисимова, Г. И. Пендинен, В. Е. Чернов, И. М. Суриков,
И. Н. Голубовская, Б. В. Ригин, Е. Е. Радченко, О. Ю. Антонова,
Т. В. Лебедева, Т. А. Гавриленко, А. Р. Шувалова, 2014 г.

Fig. 17. Colleagues – staff members of the Genetics and Biotechnology Departments: I. N. Anisimova, G. I. Pendinen, V. E. Chernov, I. M. Surikov, I. N. Golubovskaya, B. V. Rigin, E. E. Radchenko, O. Yu. Antonova, T. V. Lebedeva, T. A. Gavrilenko, A. R. Shuvalova, 2014



Рис. 18. Сотрудники отдела генетики, 2019 г.

Fig. 18. Staff members of the Genetics Department, 2019



Рис. 19. Сотрудники отдела генетики, 2025 г.

Fig. 19. Staff members of the Genetics Department, 2025

References / Литература

Abdullaev R.A., Alpatieva N.V., Lebedeva T.V., Kovaleva O.N., Radchenko E.E., Anisimova I.N. Identification of barley accessions from the VIR collection carrying the *mlo11(cnv2)* powdery mildew resistance allele. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2021;4(3):37-44. [in Russian] (Абдуллаев Р.А., Алпатьева Н.В., Лебедева Т.В., Ковалева О.Н., Радченко Е.Е., Анисимова И.Н. Идентификация носителей аллеля *mlo11(cnv2)* устойчивости к мучнистой росе

среди ячменной коллекции ВИР. *Биотехнология и селекция растений*. 2021;4(3):37-44). DOI: 10.30901/2658-6266-2021-3-03
Anisimova I.N., Voronova O.N., Gavrilova V.A., Alpatieva N.V., Radchenko E.E. Genetic resources of cereal and oilseed crops for heterotic hybrid breeding. *Plants*. 2025;14(22): Article 3412. DOI: 10.3390/plants14223412
Blakeslee A.F., Avery A.G. Methods of inducing Doubling of chromosomes in plants: by treatment with colchicine. *Journal of Heredity*. 1937;28(12):393-411. DOI: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a104294

- Genetics Laboratory Report for 1938–1940. [Leningrad; 1941]. (Otchet laboratorii genetiki za 1938–1940 gg.). *VIR Archives*. [in Russian] (Отчет лаборатории генетики за 1938–1940 гг. [Ленинград; 1941]. *Архив ВИР*).
- Goncharov N.P. Comparative genetics of wheats and their related species. V.K. Shumny (ed.). 2nd ed., revised and supplemented. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo"; 2012. [in Russian] (Гончаров Н.П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей / отв. ред. В.К. Шумный. Издание 2-е, исправленное и дополненное. Новосибирск: Академическое издательство «Гео»; 2012).
- Goncharov N.P., Anisimova I.N., Radchenko E.E. Boris V. Rigin 85th anniversary. *Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;6(1):40–48. [in Russian] (Гончаров Н.П., Анисимова И.Н., Радченко Е.Е. Борису Викторовичу Ригину 85 лет. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020;6(1):40–48). DOI: [10.18699/Letters2020-6-06](https://doi.org/10.18699/Letters2020-6-06)
- Goncharov N.P., Vishnyakova M.A., Kotelkina I.V., Lassan T.K. Georgy Dmitriyevich Karpechenko (Georgiy Dmitriyevich Karpechenko). 3rd ed., revised and supplemented. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2013. [in Russian] (Гончаров Н.П., Вишнякова М.А., Котелкина И.В., Лассан Т.К. Георгий Дмитриевич Карпеченко. 3-е изд., исправленное и дополненное. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН; 2013).
- Karpechenko G.D. Hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. *Journal of Genetics*. 1924;14(3):375–396. DOI: [10.1007/BF02983104](https://doi.org/10.1007/BF02983104)
- Karpechenko G.D. On the transverse division of chromosomes as a result of colchicine treatment. *Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS*. 1940a;29(5–6):404–406. [in Russian] (Карпеченко Г.Д. О поперечном делении хромосом под влиянием колхицина. *Доклады АН СССР. Новая серия*. 1940a;29(5–6):404–406).
- Karpechenko G.D. Polyploid hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L.: (on the problem of experimental species formation. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1927;17(3):305–410. [in Russian] (Карпеченко Г.Д. Полиплоидные гибриды *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L.: (к проблеме экспериментального видообразования). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1927;17(3):305–410).
- Karpechenko G.D. Polyploid hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L.: (On the problem of experimental species formation). *Zeitschrift für Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre*. 1928;48:1–85. DOI: [10.1007/BF01740955](https://doi.org/10.1007/BF01740955)
- Karpechenko G.D. Selected Works (Izbrannyye trudy). Moscow: Nauka; 1971. [in Russian] (Карпеченко Г.Д. Избранные труды. Москва: Наука; 1971).
- Karpechenko G.D. Tetraploid six-rowed barleys obtained by colchicine treatment *Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS*. 1940b;27(1):47–50. [in Russian] (Карпеченко Г.Д. Тетраплоидные шестирядные ячмени, полученные обработкой колхицином. *Доклады АН СССР. Новая серия*. 1940b;27(1):47–50).
- Karpechenko G.D. Theory of distant hybridization (Teoriya otдалennoy gibridizatsii). Moscow; Leningrad: Selkhozgiz; 1935. [in Russian] (Карпеченко Г.Д. Теория отдаленной гибридизации. Moscow; Leningrad: Selkhozgiz; 1935).
- Karpechenko G.D., Shchavinskaia S.A. On sexual incompatibility of tetraploid hybrids. In: *Proceedings of the USSR Congress of genetics, plant- and animal-breeding; 1929 Jan. 10–16; Leningrad, USSR*. Leningrad; 1930. Vol. 2. p.267–276. [in Russian] (Карпеченко Г.Д., Щавинская С.А. О половом обособлении тетраплоидных гибридов *Raphanus* × *Brassica*. В кн.: *Труды Всесоюзного съезда по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству; 10–16 января 1929 г.; Ленинград, СССР*. Ленинград; 1930. Т. 2. С. 267–276).
- Karpechenko G.D., Sorokina O.N. The hybrids of *Aegilops triuncialis* L. with rye. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1929;20:563–584. [in Russian] (Карпеченко Г.Д., Сорокина О.Н. Гибриды *Aegilops triuncialis* L. с рожью. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1929;20:563–584).
- Kobylyansky V.D., Fadeeva T.S. (eds.). Genetics of Cultivated Plants. Grain Crop. Leningrad: Agropromizdat Publ., Leningrad Branch; 1986. [in Russian] (Генетика культурных растений. Зерновые культуры / под ред. В.Д. Кобылянского, Т.С. Фадеевой (ред.). Ленинград: Агропромиздат. Ленинградское отделение; 1986).
- Kobylyansky V.D., Solodukhina O.V. Strategy of rye breeding for brown rust resistance (Strategiya selektsii rzhii na ustoychivost k buroy rzhavchine). *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2004;(1):26–29. [in Russian] (Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Стратегия селекции ржи на устойчивость к бурой ржавчине. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2004;(1):26–29).
- Levitsky G.A., Benetskaya G.K. Cytology of the wheat-rye amphidiploids. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1931;27(1):241–264. [in Russian] (Левитский Г.А., Бенецкая Г.К. Цитология пшенично-ржаных амфидиплоидов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1931;27(1):241–264).
- Loskutov I.G. The History of the Global Collection of Plant Genetic Resources in Russia. Under the general editorship of Dr. E.K. Khlestkina. 2nd ed., revised and supplemented. St. Petersburg: VIR; 2025. [in Russian] (Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России / под общ. ред. Е.К. Хлесткиной. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: ВИР; 2025).
- Makushina E.N. A new wheat species of *Triticum armeniacum* (Jakubz.) sp. n. (Novy vid pshenitsy *Triticum armeniacum* (Jakubz.) sp. n.). *Doklady Akademii Nauk SSSR = Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1938;21(7):350–353. [in Russian] (Макушина Е.Н. Новый вид пшеницы *Triticum armeniacum* (Jakubz.) sp. n. *Доклады АН СССР*. 1938;21(7):350–353).
- Merezhko A.F. Genetic bases for searching, creating and using donors of traits valuable for breeding in wheat (Geneticheskiye osnovy poiska, sozdaniya i ispolzovaniya donorov selektsionno-tsennyykh priznakov pshenitsy) [dissertation]. Leningrad; 1988. [in Russian] (Мережко А.Ф. Генетические основы поиска, создания и использования доноров селекционно-ценных признаков пшеницы: дис. ... д-ра биол. наук. Ленинград; 1988).
- Merezhko A.F. Principles for revealing, developing and using the donors of valuable traits in plant breeding. In: B.V. Rigin, E.I. Gaevskaya (eds). *Identified plant gene pool and breeding*. St. Petersburg: VIR; 2005. p.189–205. [in Russian] (Мережко А.Ф. Принципы поиска, создания и использования доноров ценных признаков в селекции растений. В кн.: *Идентифицированный генофонд растений и селекция* / отв. ред. Б.В. Ригин, Е.И. Гаевская. Санкт-Петербург: ВИР; 2005. С.189–205).
- Mitrofanova O.P. Creation of a genetic collection of common wheat in Russia: a basis for future development of particular genetics and breeding. *Genetika (Moscow)*. 1994;30(10):1306–1316. [in Russian] (Митрофанова О.П. Создание генетической коллекции мягкой пшеницы в России – основа дальнейшего развития частной генетики и селекции. *Генетика*. 1994;30(10):1306–1316).
- Khlestkina E.K. (ed.). Nikolai Ivanovich Vavilov's associates: plant genetic diversity researchers. 3rd ed. St. Petersburg: VIR; 2025. [in Russian] (Соратники Николая Ивановича Вавилова: исследователи генофонда растений / под ред. Е.К. Хлесткиной. 3-е изд., пересмотренное. Санкт-Петербург: ВИР; 2025).
- Odintsova I.G. Genetics of wheat resistance to leaf rust and breeding strategy (Genetika ustoychivosti pshenitsy k buroy rzhavchine i strategiya selektsii) [dissertation]. Leningrad; 1987. [in Russian] (Одинцова И.Г. Генетика устойчивости пшеницы к бурой ржавчине и стратегия селекции: дис. ... д-ра биол. наук. Ленинград; 1987).
- Pendinen G.I., Alpat'eva N.V., Chernov V.E., Anisimova I.N. Character of expression of genes determining the synthesis of storage seed protein at the process of stabilization of amphidiploid *Hordeum marinum* (2x) × *Triticum aestivum* (6x). *Agricultural Biology*. 2004;39(5):53–58. [in Russian] (Пендинен Г.И., Алпат'ева Н.В., Чернов В.Е., Анисимова И.Н. Характер экспрессии генов, контролирующих синтез запасных белков семян, в процессе стабилизации амфидиплоида *Hordeum marinum* (2x) × *Triticum aestivum* (6x). *Сельскохозяйственная биология*. 2004;39(5):53–58).
- Pisareva L.A. The ML-1 mutant – a new donor of shortness of straw in wheat. *VIR Bulletin*. 1987;174:40–42. [in Russian] (Писарева Л.А. Мутант МЛ-1 – новый донор короткостебельности пшеницы. *Бюллетень ВИР*. 1987;174:40–42).
- Prikhodko N.I. Influence of conditions of growth of donor plants on androgenesis in anther culture of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1989;128:86–89. [in Russian] (Приходько Н.И. Влияние условий

- выращивания донорных растений на андрогенез в культуре пыльников пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1989;128:86-89).
- Radchenko E.E., Abdullaev R.A., Anisimova I.N. Genetic resources of cereal crops for aphid resistance. *Plants*. 2022;(11): Article 1490. DOI: 10.3390/plants11111490
- Radchenko E.E., Anisimova I.N. Genetic studies in Pushkin Laboratories of VIR. In: *Plant Genetic Resources for Genetic Technologies: To the 100th Anniversary of Pushkin Laboratories of VIR: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference: Abstracts scientific; 2022 June 22–23; St. Petersburg, Russia*. St. Petersburg: VIR; 2022. [in Russian] (Радченко Е.Е., Анисимова И.Н. Генетические исследования в Пушкинских лабораториях ВИР. В кн.: *Генетические ресурсы растений для генетических технологий: к 100-летию Пушкинских лабораторий ВИР: материалы Всероссийской научно-практической конференции: тезисы докладов; 22–23 июня 2022 г.; Санкт-Петербурга, Россия*. Санкт-Петербург: ВИР; 2022. С.222-224). URL: http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2022/10/Geneticheskie-resursy-rastenij-dlya-geneticheskikh-tehnologij_-k100-letiyu-Pushkinskikh-laboratorij-VIR_2022_podrobnnee-1.pdf [дата обращения: 14.01.2025].
- Rigin B.V. G. D. Karpechenko and the development of genetics in the All-Union Plant Breeding Institute. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1989;128:97-103. [in Russian] (Ригин Б.В. Г. Д. Карпеченко и развитие генетики во Всесоюзном институте растениеводства. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1989;128:97-103).
- Rigin B.V. Genetic foundations and prospects for hybridization of *Triticum* L. × *Secale* L. (Geneticheskiye osnovy i perspektivy gibridizatsii *Triticum* L. × *Secale* L.) [dissertation]. Leningrad, 1986. [in Russian] (Ригин Б.В. Генетические основы и перспективы гибридизации *Triticum* L. × *Secale* L.: дис. ... д-ра биол. наук. Ленинград; 1986).
- Rigin B.V. Main directions of research in the Department of genetics of VIR. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2007a;164:286-302. [in Russian] (Ригин Б.В. Основные направления исследований в отделе генетики ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2007a;164:286-302).
- Rigin B.V. N. I. Vavilov and main research vectors and results obtained in Plant Genetic Department of N.I. Vavilov Institute of Plant Industry. *Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeding Scientists*. 2007b;11(3–4):525-536. [in Russian] (Ригин Б.В. Н. И. Вавилов и основные направления и результаты исследований в отделе генетики ВНИИ растениеводства. *Информационный вестник ВОГуС*. 2007b;11(3–4):525-536). URL: https://vavilovj-icg.ru/download/05_Rigin.pdf [дата обращения: 14.01.2025].
- Rigin B.V. The Beginning and development of genetic research in Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry. *Genetika (Moscow)*. 1994;30(10): 1283-1292. [in Russian] (Ригин Б.В. Становление и развитие генетики во Всероссийском институте растениеводства им. Н.И. Вавилова. *Генетика*. 1994;30(10):1283-1292).
- Rigin B.V. Trofim Yakovlevich Zarubaylo (Trofim Yakovlevich Zarubaylo). St. Petersburg: VIR; 2006a. [in Russian] (Ригин Б.В. Трофим Яковлевич Зарубайло. Санкт-Петербург: ВИР; 2006a).
- Rigin B.V. Trofim Yakovlevich Zarubaylo and genetics at the N.I. Vavilov All-Union Institute of Crop Production. (For the 100th anniversary of the birth). *Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeding Scientists*. 2006b; 10(3):594-601. [in Russian] (Ригин Б.В. Трофим Яковлевич Зарубайло и генетика во Всесоюзном институте растениеводства им. Н.И. Вавилова. (К 100-летию со дня рождения). *Информационный вестник ВОГуС*. 2006b;10(3):594-601). URL: https://vavilovj-icg.ru/download/16_Rigin.pdf [дата обращения: 14.01.2025].
- Rigin B.V. Vladimir Dmitrievich Kobylansky is 90 years old. *Letters to Vavilov Journal*. 2018;4(1):44-55. [in Russian] (Ригин Б.В. Владимиру Дмитриевичу Кобылянскому 90 лет. *Письма в Вавиловский журнал*. 2018;4(1):44-55). URL: <https://pismavavilov.ru/wp-content/uploads/2021/03/appx8.pdf> [дата обращения: 24.01.2025].
- Rigin B.V., Anisimova I.N. Stages of development of genetic research at VIR. In: *Pushkin Laboratories of VIR (1922–2012): a collection of articles and memoirs dedicated to the 90th anniversary of the Pushkin Laboratories of VIR (Pushkinskiye laboratorii VIR (1922–2012): sbornik statey i vospominaniy, posvyashchennykh* 90-letiyu Pushkinskikh laboratoriy VIR). St. Petersburg; Pushkin: VIR; 2012. p.15-39. [in Russian] (Ригин Б.В., Анисимова И.Н. Этапы развития генетических исследований ВИР. В кн.: *Пушкинские лаборатории ВИР (1922–2012): сборник статей и воспоминаний, посвященных 90-летию Пушкинских лабораторий ВИР*. Санкт-Петербург; Пушкин: ВИР; 2012. С.15-39).
- Rigin B.V., Gaevskaya E.I. (eds.). Identified Plant Gene Pool and Breeding. St. Petersburg: VIR; 2005. [in Russian] (Идентифицированный генофонд растений и селекция / под ред. Б.В. Ригина, Е.И. Гаевской. Санкт-Петербург: ВИР; 2005).
- Rigin B.V., Goncharov N.P. Genetics of wheat ontogenesis (Genetika ontogeneza pshenitsy). Moscow: INT VINITI; 1989. (Ser. Genetics and breeding of cultivated plants; Vol. 1). [in Russian] (Ригин Б.В., Гончаров Н.П. Генетика онтогенеза пшеницы. Москва: ИНТ ВНИТИ; 1989. (Сер. Генетика и селекция возделываемых растений; т. 1)).
- Rigin B.V., Letifova M.S., Repina T.S. Comparative genetics of maturation rate of plant species of genus *Triticum* L. *Genetika (Moscow)*. 1994;30(10):1326-1333. [in Russian] (Ригин Б.В., Летинова М.С., Репина Т.С. Сравнительная генетика скорости развития растений видов рода *Triticum* L. *Генетика*. 1994;30(10):1326-1333).
- Solodukhina O.V. The genetic basis of breeding winter rye for resistance to rust and powdery mildew (Geneticheskiye osnovy selektsii ozimoy rzhii na ustoychivost k rzhavchine i muchnistoy rose) [dissertation]. St. Petersburg. [in Russian] (Солодухина О.В. Генетические основы селекции озимой ржи на устойчивость к ржавчине и мучнистой росе): дис. ... д-ра биол. наук. Санкт-Петербург, 2003).
- Surikov I.M. Self-incompatibility theory in relation to the genetics of rye self-fertility (Teoriya samonesovmestimosti v svyazi s genetikoю samofertilnosti rzhii) [dissertation]. Leningrad; 1972. [in Russian] (Суриков И.М. Теория самонесовместимости в связи с генетикой самофертильности ржи: дис. ... д-ра биол. наук. Ленинград; 1972).
- Surikov I.M., Romanova N.P. Close linkage of the gene for brittle straw with the gene for self-incompatibility. *VIR Bulletin*. 1982;122:67-71. [in Russian] (Суриков И.М., Романова Н.П. Тесное сцепление гена стекловидной соломины с геном самонесовместимости у ржи. *Бюллетень ВИР*. 1982;122:67-71).
- Surikov I.M., Kissel N.I. Inheriting of winter wheat-rye good crossability. *Cytology and genetics*. 1980;14(4):71-73. [in Russian] (Суриков И.М., Киссель Н.И. Наследование хорошей скрещиваемости озимой пшеницы с рожью. *Цитология и генетика*. 1980;14(4):71-73).
- Svetozarova V.V. On the second genome of *T. timopheevii* Zhuk. (O vtorom genome *T. timopheevii* Zhuk.). [in Russian] *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 1939;23(5):472-476. [in Russian] (Светозарова В.В. О втором геноме *T. timopheevii* Zhuk. *Доклады АН СССР*. 1939;23(5):472-476).
- TsGANTD Spb. F. 318. Op. 1. D. 1194. L. 111. [in Russian] (ЦГАНТД СПб. Ф. 318. Оп. 1. Д. 1194. Л. 111).
- Tyryshkin L.G. Genetic control of effective leaf rust resistance in collection accessions of barley *Hordeum vulgare* L. *Russian Journal of Genetics*. 2009;45:376378. DOI: 10.1134/S1022795409030181
- Tyryshkin L.G. The genetic diversity of wheat and barley by effective disease resistance and the possibility of its broadening (Geneticheskoye raznoobraziye pshenitsy i yachmenya po effektivnoy ustoychivosti k bolezniam i vozmozhnosti yego rasshireniya): [dissertation]. St. Petersburg; 2007. (Тырышкин Л.Г. Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения: дис. ... д-ра биол. наук. Санкт-Петербург; 2007).
- Vavilov N.I., Kuznetsova E.S. On the genetic nature of winter and spring varieties of plants (O geneticheskoy prirode ozimyykh i yarovyykh rasteniy). *Izvestiya Saratovskogo selskohozyajstvennogo instituta = Newsletter of Saratov Agricultural Institute*. 1923;1(1):17-41. [in Russian] (Вавилов Н.И., Кузнецова Е.С. О генетической природе озимых и яровых растений. *Известия Саратовского сельскохозяйственного института*. 1923;1(1):17-41).
- Vavilov N.I. The law of homological series in hereditary variation (Zakon gomologicheskikh ryadov v nasledstvennoy izmenchivosti). In: *Proceedings of the III All-Russian Congress on Breeding and*

- Seed Production in Saratov on June 4–13, 1920. Issue 1 (Trudy III Vserossiyskogo syezda po seleksii i semenovodstvu v g. Saratov 4–13 iyunya 1920 g. Vyp. 1). Saratov; 1920. p.41-56. [in Russian] (Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. В кн.: Труды III Всероссийского съезда по селекции и семеноводству в г. Саратов 4–13 июня 1920 г. Саратов; 1920. Вып. 1. С.41-56).*
- Vavilov N.I. The law of homological series in variation. *Journal of Genetics*. 1922;12(1):47-89. DOI: [10.1007/BF02983073](https://doi.org/10.1007/BF02983073)
- Zarubaylo T.Ya. Genetic preconditions for creating productive varieties of grain crops. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1976;58(1):3-11. [in Russian] (Зарубайло Т.Я. Генетические предпосылки создания продуктивных сортов зерновых культур. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1976;58(1):3-11).
- Vorob'eva G.A. Morphological and biological features of *F₂ Lycopersicon esculentum* Mull × *Solanum pennellii* Corr. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1976;58(1):94-109. [in Russian] (Воробьева Г.А. Морфологические и биологические особенности *F₂ Lycopersicon esculentum* Mull × *Solanum pennellii* Corr. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1976;58(1):94-109).
- Zarubaylo T.Ya. Some patterns of variability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under the influence of growing conditions (Nekotorye zakonomernosti izmenchivosti myagkoy pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) pod vliyaniyem usloviy proizrastaniya) [report for the degree of Dr. Biol. Sci. based on a set of published works]. Leningrad; 1964. [in Russian] (Зарубайло Т.Я. Некоторые закономерности изменчивости мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) под влиянием условий произрастания: доклад на соискание ученой степени д-ра биол. наук по совокупности опубликованных работ. Ленинград; 1964).
- Zoteyeva N.M. Species of the genus *Solanum* L., section *Petota* Dumort., as sources of enriching the gene pool of cultivated potato (Vidy roda *Solanum* L. sekcii *Petota* Dumort. kak istochniki obogashcheniya genofonda kulturnogo kartofelya) [dissertation]. St. Petersburg; 2005. [in Russian] (Зотеева Н.М. Виды рода *Solanum* L. секции *Petota* Dumort. как источники обогащения генофонда культурного картофеля: дис. ... д-ра биол. наук. Санкт-Петербург; 2005).
- Zoteyeva N.M., Porokhovinova E.A., Fateev D.A., Chalaya N.A. Leaf and tuber resistance to *Phytophthora infestans* and relationship between these traits in wild potato species. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(1):172-183 [in Russian] (Зотеева Н.М., Пороховинова Е.А., Фатеев Д.А., Чалая Н.А. Устойчивость листьев и клубней диких видов картофеля к *Phytophthora infestans* и взаимосвязь этих признаков. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(1):172-183). DOI: [10.30901/2227-8834-2024-1-172-183](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-1-172-183)
- Zveinek I.A., Abdullaev R.A., Matvienko I.I., Radchenko E.E., Alpatieva N.V. Identification of the *eam8* allele associated with photoperiod insensitivity in barley accessions from Japan. *Ecological Genetics*. 2022;20(2):101-109. [in Russian] (Звейнек И.А., Абдуллаев Р.А., Матвиенко И.И., Радченко Е.Е. Алпатьева Н.В. Идентификация аллеля *eam8*, ассоциированного со слабой чувствительностью к фотопериоду, у образцов ячменя из Японии. *Экологическая генетика*. 2022;20(2):101-109). DOI: [10.17816/ecogen106033](https://doi.org/10.17816/ecogen106033)

Информация об авторах

Борис Викторович Ригин, доктор биологических наук, профессор, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, riginbv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9848-5795>

Ирина Николаевна Анисимова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, irina_anisimova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0474-8860>

Евгений Евгеньевич Радченко, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, eugene_radchenko@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3019-0306>

Information about the authors

Boris V. Rigin, Dr. Sci. (Biology), Professor, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44, Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, riginbv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9848-5795>

Irina N. Anisimova, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, irina_anisimova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0474-8860>

Evgeny E. Radchenko, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, eugene_radchenko@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3019-0306>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.05.2025; одобрена после рецензирования 02.06.2025; принята к публикации 22.06.2025.

The article was submitted on 11.05.2025; approved after reviewing on 02.06.2025; accepted for publication on 22.06.2025.