

Перевод на английский язык <https://vavilov.elpub.ru/jour>

Научное обеспечение селекции и семеноводства Сибири в XXI в.

Н.П. Гончаров

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
✉ gonch@bionet.nsc.ru

Аннотация. Аграрное производство Российской Федерации представляет собой стержень экономической системы государства, от развития которого во многом зависит уровень жизни и благосостояния населения. Оно обеспечивает основу безопасности страны. В статье рассматриваются вопросы продовольственной безопасности Сибири, перспективы и проблемы селекции растений в Сибирском федеральном округе – самой крупной аграрной территории РФ. Площадь сельскохозяйственных угодий в Сибирском федеральном округе около 50 млн га, здесь производится 13 % валового объема зерна страны. В Сибири, как и во всей России, преобладает бесперспективное экстенсивное земледелие, основанное на эксплуатации естественного плодородия почв, поэтому селекция должна учитывать не только несоблюдение технологий возделывания новых сортов интенсивного типа, но и этот немаловажный фактор. Несмотря на то что капитальные вложения в селекцию являются наиболее окупаемыми в растениеводстве, селекционеры до сих пор работают в сложных экономических условиях. Обсуждается использование в селекции современных молекулярно-биологических методов, биоинженерии и IT технологий. Обосновывается необходимость проведения кардинальной реформы отрасли, включая признание селекции фундаментальной наукой, существенное увеличение ее бюджетного финансирования, определение стратегии ее развития на федеральном и региональном уровнях, дальнейшее целенаправленное расширение сети селекционных центров, восстановление и укрепление в аграрных университетах профильных для отрасли кафедр селекции и семеноводства, выделение бюджетных мест в вузах региона для подготовки селекционеров, способных сохранить и упрочить передовые позиции страны в селекции растений и создавать конкурентоспособные на мировом аграрном рынке сорта нового поколения основных сельскохозяйственных культур. В противном случае накопившиеся к настоящему времени проблемы могут привести к возникновению новых долгосрочных рисков нестабильности в отрасли. Делается вывод о необходимости бережного сохранения преемственности, как специалистов, так и селекционного (селектируемого) материала. Рассматриваются особенности регулирующих функций государства и аграрной науки в селекции растений и в отрасли в целом.

Ключевые слова: селекция; Сибирский федеральный округ, традиционные и современные методы; сорта нового поколения; семеноводство.

Для цитирования: Гончаров Н.П. Научное обеспечение селекции и семеноводства Сибири в XXI в. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(4):448-459. DOI 10.18699/VJ21.050

Scientific support to plant breeding and seed production in Siberia in the XXI century

N.P. Goncharov

Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
✉ gonch@bionet.nsc.ru

Abstract. Agriculture in the Russian Federation is fundamental to the country's economic performance, living standards, the wellbeing of people and state safety. Considerations relating to food security, prospects of and challenges before plant breeding in the Siberian Federal District (SFD), the largest agricultural area of the Russian Federation, are provided in the article. The agricultural area used in the SFD is about 50 million hectares and accounts for 13 % of the country's gross grain production. The need for the introduction of modern molecular biological methods, bioengineering and IT technology is demonstrated and discussed. As Russia as a whole, Siberia is largely engaged in unpromising extensive farming practices, which rely on natural soil fertility, and this factor should be taken into account. Another issue is noncompliance with intensive farming technologies used for cultivating new-generation commercial cultivars. Although capital investments in plant breeding are the most cost effective investments in crop production, breeders' efforts remain underfunded. The article explains the need for fundamental reform in this economic sector: the recognition of plant breeding as being a fundamental science; a fair increase in its funding; the development of a breeding strategy, nationally and regionally; the further expansion of the network of the Breeding Centers; the re-establishment and improvement of the universities' departments specialized in plant breeding and seed production; having more state-funded places in the universities for training plant breeders to be able to maintain and cement the

country's advanced position in plant breeding and to develop new globally competitive next-generation cultivars of main crops. Should these issues be ignored, all the problems that have accumulated to date will lead to risks of long-term instability in this economic sector. The need for the careful preservation of continuity in plant breeders and plants being bred is stated. The regulatory functions of the state and agricultural science in plant breeding, plant industry and seed production are considered.

Key words: breeding; Siberian Federal District; traditional and modern methods; next-generation cultivars; seed production.

For citation: Goncharov N.P. Scientific support to plant breeding and seed production in Siberia in the XXI century. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):448-459. DOI 10.18699/VJ21.050

Введение

Продовольственная независимость РФ является основой безопасности страны. Это стратегически важное положение закреплено в нормативно-правовых документах. Вызовы XXI в. в аграрном секторе страны, в том числе и в ее Сибирском регионе, общеизвестны: это глобальное и локальное изменение климата (Гурова, Осипова, 2018) и, как следствие, аридизация южных, наиболее благоприятных сельскохозяйственных территорий, хроническое снижение плодородия почв (Сысо, 2017) и сокращение работоспособного сельского населения (Шабанов и др., 2019). Все это может привести к возникновению новых долгосрочных рисков нестабильности на аграрном рынке. Во всем мире становится популярной концепция «умного» сельского хозяйства (Анищенко, 2019); в приложении к российской действительности подразумевается, что оно само себя организует. Это закоренелая отечественная традиция: известно, что ни Министерство государственных имуществ Российской империи, ни его Департамент сельского хозяйства «не интересовались не только приложением науки к сельскому хозяйству, но и самим сельским хозяйством» (Елина, 1995, с. 45), считая, что подобная политика «отражала бытующее в империи середины XIX в. мнение, что сельское хозяйство, как исконное занятие российских крестьян, может развиваться само по себе, не требуя ни вмешательства правительства, ни участия науки» (Там же, с. 45).

В Сибирском федеральном округе (СФО) площадь сельскохозяйственных угодий около 50 млн га, и, по данным Росстата (rosstat.gov.ru), производится 13 % валового объема зерна страны. До 2013 г. научным обеспечением сельского хозяйства региона занималось Сибирское отделение отраслевой сельскохозяйственной академии – РАСХН. В настоящее время Отделение сельскохозяйственных наук РАН (ОСХН РАН) и Минобрнауки РФ делегировали региональную ответственность за развитие сельскохозяйственной науки Сибирскому федеральному научному центру агробиотехнологий (СФНЦА, р. п. Краснообск, Новосибирская область), созданному на базе аппарата бывшего Президиума СО РАСХН и нескольких аграрных научно-исследовательских учреждений (НИУ), расположенных в Новосибирской, Томской и Кемеровской областях и Забайкальском крае, Омскому аграрному научному центру (ОАНЦ) и Федеральному Алтайскому научному центру агробиотехнологий (ФАНЦА, г. Барнаул), оставив всю Восточную Сибирь и Крайний Север РФ¹ без научного патронирования. На сегодняшний день только Объединенный ученый совет по сельскохозяйственным

наукам СО РАН (председатель – академик Н.И. Кашеваров, ученый секретарь – проф. РАН И.М. Горобей) сохранил следы руководства аграрной наукой региона. При Объединенном ученом совете на общественных началах работает созданный в 1972 г. при Президиуме СО ВАСХНИЛ (с 1992 г. при Президиуме СО РАСХН) Объединенный научный и проблемный совет по растениеводству, селекции, биотехнологии и семеноводству (председатель – академик Н.П. Гончаров). Совет осуществлял научно-методическое руководство селекционными центрами Сибири и координацию их взаимодействия (Шумный и др., 2016). До пандемии COVID-19 Совет успел провести 46 ежегодных выездных заседаний, последнее состоялось 23–26 июля 2019 г. в Красноярске². К заседаниям были традиционно приурочены всероссийские, а позже и международные конференции селекционеров, в обязательном порядке закладывались демонстрационные сравнительные посевы новейших сортов НИУ региона. Заседания Проблемного Совета организовывались челночно (с чередованием мест проведения в аграрных учреждениях региона).

На момент ликвидации («реорганизации») в 2013 г. отраслевой сельскохозяйственной академии РАСХН и передачи ее институтов в ведение ФАНО РФ на территории СФО действовали восемь специализированных селекционных центров:

- СибНИИСХ (Б.И. Герасенков, К.Г. Азиев, Р.И. Рутц)³;
- Алтайский НИИСХ (В.И. Кандауров, В.И. Янченко, Н.И. Коробейников);
- Красноярский НИИСХ (Н.А. Сурин);
- СибНИИРС (П.Л. Гончаров, И.Е. Лихенко);
- СибНИИ кормов (А.В. Железнов, Р.И. Полунина);
- НИИСС им. М.А. Лисавенко (И.П. Калинина, И.А. Пучкин, Т.Н. Нелюбова);
- НИИСХ Северного Зауралья (В.В. Новохатин);
- КемНИИСХ (В.Н. Пакуль).

Все перечисленные НИУ, кроме АНИИСХ (ныне ФАНЦА) и СибНИИСХ (ныне ОАНЦ), сейчас стали филиалами других организаций.

Селекционные центры Сибири работали по 20-летним программам: на 1971–1990, 1991–2010 гг. (Программа..., 1978, 1989). По всем восьми селекционным программам были разработаны и на 2011–2030 гг. (см., например, Программа..., 2011а, б). Кроме того, были региональные – ДИАС (Драгавцев и др., 1984) и другие всесоюзные

² Тезисы Междунар. науч. конф. «Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири» ОСП – 2019. Красноярск, 2019.

³ В скобках в хронологической последовательности указаны руководители селекционных центров.

¹ В 1969–2013 гг. зона ответственности СО ВАСХНИЛ/СО РАСХН.

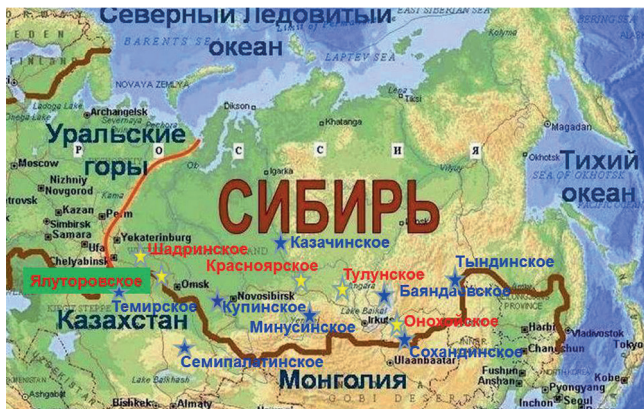


Рис. 1. Сеть НИУ на территории Сибири в начале XX в.

В 1907 г. организованы Тулунское, Темирское, в 1908–1910 гг. – Ялуторовское, Шадринское, Купинское, Красноярское, Минусинское, Казачинское, Байандаевское, Онохойское, в 1911 г. – Семипалатинское и др.

и всероссийские целевые программы (Гончаров Н.П., Шумный, 2006), в числе которых всесоюзная программа «Люцерна» (Гончаров П.Л., 2009) и региональная «Сибирская пшеница» (Гончаров П.Л. и др., 1989). Информация о районированных в Сибири сортах систематизирована в четырех выпусках «Каталогов...» (см., например, Каталог..., 2009).

В 2020–2021 гг. Минобрнауки РФ организовало 36 узкоспециализированных селекционно-семеноводческих центров, из них только четыре на территории Сибири: три – в Западной (Омская и Кемеровская области и Алтайский край) и один – в Восточной Сибири (Красноярский край). Отметим, что это уже третья попытка создания селекцентров в стране. Две предыдущие проходили в 1929 г. под руководством академика Н.И. Вавилова (Гончаров Н.П., 2017) и в 1972 г. под руководством академика А.В. Пухальского (Шумный, Гончаров П.Л., 2008).

Несмотря на то что вложения в селекцию считаются в растениеводстве наиболее окупаемыми, селекционеры по-прежнему работают в очень сложных экономических условиях:

- слабая материально-техническая база НИУ и хроническое отсутствие кадров;
- в стране уничтожена стройная система семеноводства и внедрения новых сортов;
- хроническое недофинансирование отрасли со времен М.С. Горбачева. Как следствие – постоянный поиск финансирования для обеспечения продовольственной безопасности страны.

Сейчас научное патронирование растениеводства Сибири в качественном и количественном отношении проигрывает таковому даже начала прошлого века (рис. 1). На территории СФО селекция по многим культурам прекращена, так как штат селекционеров повсеместно сократился. В Восточной Сибири осталось только два областных НИИСХ, которые еще ведут селекцию растений, – филиалы Красноярского и Иркутского НЦ СО РАН. В отличие от европейской части страны, аграрная наука Сибирского региона всегда была очень хрупкой и значительно слабее развитой.

Практически сразу после ликвидации РАСХН и «снятия» с ее бывших институтов ответственности за научное обеспечение аграрной науки региона в субъектах СФО прекращен выпуск ежегодных рекомендаций по проведению полевых работ (Алхименко и др., 2015; Донченко и др., 2015), так как они не входят в индикаторы эффективности НИР НИУ Минобрнауки РФ. Обеспечение стабильных урожаев и объемов сбора зерна в регионе – теперь ответственность этого ведомства.

Предселекция

Почвы – важнейший ресурс человечества. Однако отношение к почвам в Сибири, как и во всей РФ, не соответствует их значению для обеспечения продовольственной безопасности страны (Чекмарев, 2018). В этой стратегии акционерные общества и фермеры, закрепляя свое право на землю через госрегистрацию собственности, не обладают информацией о состоянии плодородия почв своих сельскохозяйственных угодий и не несут ответственности за его сохранение и преумножение (Рассыпнов, Ушакова, 2017). Кроме того, экспериментальные поля (земли) НИУ законодательно не зафиксированы как уникальный дорогостоящий исследовательский инструмент и не воспринимаются как таковой.

В настоящее время истощение плодородия почв в существенной мере определяет возможные направления их использования в будущем и векторы развития селекции и семеноводства. Мы уже не одно десятилетие «поливаем почвы слезами и удобряем бездействием». Фермерские хозяйства региона и акционерные общества повсеместно перешли на экстенсивную трехпольку. При этом и некоторые современные технологии, такие как минимизация обработки почвы (No-till), ослабляют процесс минерализации органического вещества, что ведет к уменьшению накопления азота в почве (Корчагина, Юшкевич, 2017). Гребневая обработка (Ridge tillage) тоже специфична (Elina, 2017) и не обеспечивает повышения плодородия сельскохозяйственных угодий.

Для дальнейшего развития отрасли в ряде регионов возникла острая необходимость в расширении пахотного фонда (Ренёв и др., 2017). При этом проблема увеличения растениеводческой продукции в регионе решается экстенсивно, т. е. при имеющемся ресурсе заброшенных земель сельскохозяйственного назначения никто в РФ, а тем более в Сибири, не будет добровольно вкладывать деньги в аграрную науку. Уступая европейской части России и по почвенному (рис. 2), и по агроклиматическому потенциалу (рис. 3), растениеводство Сибири может надеяться только на селекционеров. Следует заметить, что ресурс для сохранения объемов растениеводческой продукции в Сибири не велик, кроме возможности внедрения в производство разработок науки. К сожалению, руководство территорий СФО не осознает в полной мере свою ответственность за бесперебойное обеспечение будущих поколений сибиряков продовольствием и позволяет Минобрнауки РФ бездумно «реорганизовывать» сельскохозяйственные опытные учреждения региона. Это первая в стране реформа аграрной науки за последние сто лет, в которой не участвовали руководство регионов и даже профильное министерство (Черноиванов, 2006).

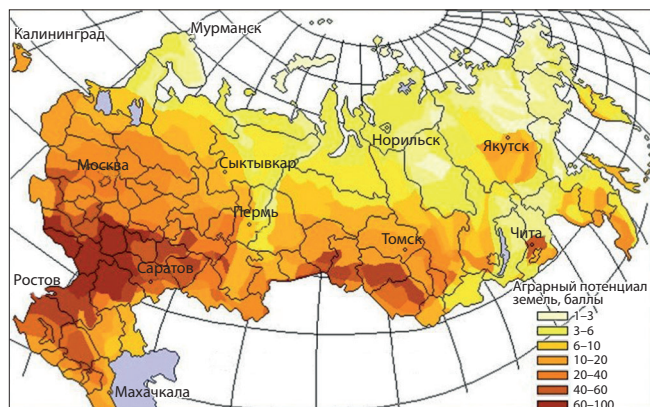


Рис. 2. Почвенные ресурсы РФ (аграрный потенциал земель).

URL: <https://studfile.net/preview/1758647/page:3> (дата обращения 10.11.2019).

Отсутствие в СФО системы агрохолдингов, способных поддерживать на плаву по крайней мере семеноводство региона, не оставляет отрасли особых перспектив, так как, по мнению реформаторов, селекция должна на всех этапах быть конкурентоспособной и приносить быструю прибыль. Она должна существовать по принципу «создал сорт – продай». При этом государство не является регулятором аграрного рынка.

Давно прошли те времена, когда средняя урожайность зерновых в Сибири значительно превышала урожайность в европейской части Российской империи и царское правительство было вынуждено создать таможенный Челябинский перелом, пересекая который, зерно облагалось налогом, чтобы сибирский крестьянин не завалил остальную часть России дешевым зерном (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2018). Тогда сибирские крестьяне решили проблему, организовавшись в кооперативы и начав экспортировать в Западную Европу не зерно и/или муку, а энергоемкие масло и сыр. Подсчитано, что на производство 1 кг масла нужно 25 л молока 3.5 % жирности или 25 кг зерна, так как для получения 1 л молока требуется примерно 1 кг зерна. Для производства 1 кг сухого молока (порошка)⁴ необходимо 11 л. На производство 1 кг мяса требуется 15 кг зерна. В среднем же из 1 т пшеницы третьего класса можно получить около 600 кг муки высшего сорта и 100 кг муки первого сорта, остальное – отруби. Глубокая переработка зерна еще больше способна уменьшить объемы грузоперевозок.

В ближайшее время развитие растениеводства в СФО и, следовательно, основные приоритеты селекции будет определять зерновой терминал в бухте Троицы Приморского края, общая мощность которого составляет 10 млн т зерна в год. Создание такой логистической цепочки экспорта из Сибири в страны Азиатско-Тихоокеанского региона увеличит перекоп в отрасли в сторону производства зерна.

Стратегия селекции. Чтобы с уверенностью разработать стратегию селекционного процесса на будущее, надо хорошо знать настоящие тенденции и принять во внима-

⁴ Впервые получено в 1802 г. после выпаривания воды из молока штаб-лекарем Нерчинских заводов (ныне Забайкальский край РФ) О.Г. Кричевским (Скоренко, 2017).

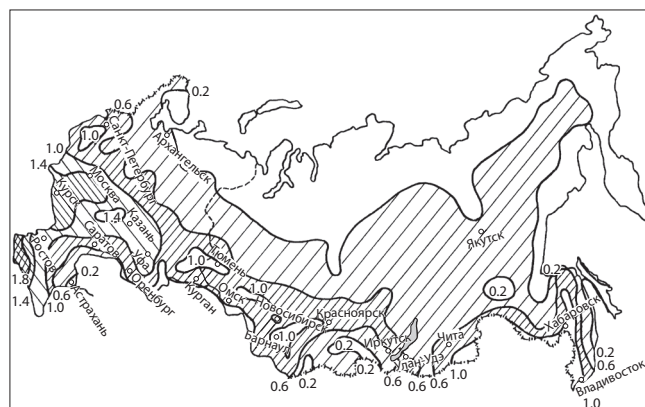


Рис. 3. Агроклиматический потенциал РФ (из: Сибирь..., 1993).

За единицу принято среднее значение по РФ.

ние прошлый опыт. Н.И. Вавилов (1935) отмечал, что селекция слагается из учения об исходном материале, об изменчивости и наследственности, о роли среды; из теории гибридизации и селекционного процесса; из учения об иммунитете, устойчивости к неблагоприятным факторам и селекции на качество. Сейчас в селекцию приходят наукоемкие технологии.

Продолжительность создания нового сорта. Долгосрочный план создания нового сорта включает ряд последовательных этапов и должен дать при завершении серьезный успех. Сорта, которые в настоящее время Госсортсеть включает в «Государственный реестр селекционных достижений РФ», займут значительные площади в производстве в ближайшие несколько лет. Лучшие из сортов, которые селекционеры передадут в ГСИ сегодня, будут включены в «Государственный реестр...» только через 3 года и, следовательно, займут большие площади только спустя 5, а то и 10 лет. Сорта, над которыми работают сейчас, пойдут в производство только через 20 лет (15 лет сорт создается и проходит конкурсное, или экологическое, сортоиспытание, затем 3 года оценивается в Госсортсети и лишь спустя еще 3–4 года занимает значительные площади) (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2018). Таким образом, приступая к выведению нового сорта, селекционер должен поставить стратегические задачи и наметить пути их решения, принимая во внимание, что через 20 лет требования к сорту могут кардинально измениться, поскольку меняются критерии, экономическая ситуация и технологии возделывания и переработки.

Однако при уже налаженном селекционном процессе такая продолжительность выведения нового сорта не представляет проблемы, так как сортовой «конвейер» не останавливается и новые сорта регулярно передаются в ГСИ за счет ранее развернутых программ селекции. Проблема состоит только в бережном сохранении преемственности, как специалистов, так и селекционного (селектируемого) материала. И в этом видится одна из регулирующих функций государства и аграрной науки.

Модель сорта. Создание сорта необходимо детально планировать, а план – четко формулировать, поэтому в основу этих процессов закладывают модель, или идиотип сорта. Модель сорта по отдельным признакам (идиотип

Коллекции сельскохозяйственных культур, поддерживаемые в живом состоянии в СибНИИРС – филиале ИЦиГ СО РАН*

Коллекции	Число образцов	Способ хранения
Полевые культуры (пшеница, ячмень, овес, горох, вика, тритикале)	9286	Семена
В том числе устойчивые к листовым и головневым грибам	1285	
Овощные культуры (томат, перец, огурец, тыква, фасоль, зеленные, лук, чеснок)	3200	Семена
Картофель	294	<i>in vitro</i>
Многолетние луковые культуры	53	<i>in situ</i>
Мискантус	28	<i>in situ</i>
Древесные (дендропарк)	387 таксонов	<i>in situ</i>
Итого 12 861 и 387 древесных таксонов		

* Лихенко И.Е., личное сообщение.

сорта) существует давно (Donald, 1968). Первыми моделями были местные, возделываемые крестьянами сорта. Обоснованно считается, что селекция на определенный идиотип – это в значительной степени селекция на устранение недостатков (Davies, 1977), т.е. план исправления (улучшения) одного или нескольких признаков селектуемого растения. Однако поскольку «критические признаки» выявляются лишь после описания модели сорта, неясной становится роль ее спецификации (Казак, Логинов, 2019).

Расширение и сохранение биоразнообразия. Несмотря на наличие у селекционеров значительных по объемам рабочих коллекций возделываемых видов, генетический потенциал большинства из них исчерпан. Проблема не в том, что мировая коллекция ВИР стала уже только четвертой в мире по объемам, а в том, что за последние 30 лет она в силу разных причин целенаправленно не пополнялась лучшими зарубежными селекционными (коммерческими) сортами, что привело к робкой конкуренции ВИРу. Так, коллекции местного сибирского генофонда (см. таблицу) и других генофондов (Гончаров Н.П., Шумный, 2008; Кершенгольц и др., 2012; Левицкая, 2017; Косолапов и др., 2021) рано или поздно должны пройти аккредитацию и превратиться в региональные и всероссийские узкоспециализированные генбанки. В настоящее время в Национальную систему гермоплазмы растений МСХ США входит несколько десятков НИУ, тогда как у нас уже 10 лет не могут решить вопрос с введением в эксплуатацию Национального хранилища в вечной мерзлоте (г. Якутск) (Кершенгольц и др., 2012).

С проблемой сохранения и эффективного использования биоразнообразия тесным образом связано **авторское право**. Как только сорт попадает в коллекции генбанков, он автоматически становится их собственностью (см., например, сайт ВИРа).

Еще одно направление преодоления «генофондного голода» – это **международное сотрудничество**. В 2000 г. в регионе специалистами СИММУТ была организована Казахстанско-Сибирская сеть улучшения яровой пшеницы (КАСИБ). Ее цели: 1) скрининг путем экологического испытания современного селекционного материала (в том числе предоставленного СИММУТ); 2) увеличение генотипического разнообразия и ускорение селекционного процесса; 3) обмен опытом и повышение квалификации

селекционеров РФ и Республики Казахстан, в том числе через участие в конференциях, семинарах и стажировках в подразделениях СИММУТ. Кроме того, на территории Сибири ряд зарубежных селекционно-семеноводческих концернов уже ведет на приоритетных основах селекцию. Так, на Алтае совместно с местными селекционерами успешно работает немецкая селекционная фирма «Штрубе» (Коробейников и др., 2020). Правда, в отличие от европейской части РФ, в СФО пока еще нет подразделений KWS и прочих селекционно-семеноводческих монстров.

Традиционная селекция

Использование традиционных методов селекции неоднократно детально рассматривалось (см., например, Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2018). Кратко остановимся на основных из них.

Отдаленная гибридизация. Основные направления эффективного использования отдаленной гибридизации в селекции растений в Сибири, заложенные в 1930-х гг. Н.В. Цициным, уже дали реальные результаты. Так, на базе амфидиплоидов В.Е. Писарева (АД) в СФО были созданы первые озимые сорта тритикале, а на основе яровой АД-20 – первый в мире коммерческий сорт тритикале Rosner. Отдаленная гибридизация как метод селекции в Сибири вновь стала популярной (Степочкин и др., 2012). Она может рассматриваться как альтернатива генетически модифицированным организмам (ГМО), поскольку позволяет переносить нужные гены между видами растений без использования векторов (генно-инженерных конструкций).

Полиплоидные формы. Наибольшую урожайность при сохранении уровня зимостойкости в настоящее время в Сибири позволяют получать полиплоидные сорта ржи (Лихенко и др., 2014) и клевера (Полюдина, 2016). К сожалению, с сибирских полей ушли триплоидные сорта свеклы и полиплоидные сорта ряда овощных культур.

Селекция на продуктивность и качество зерна. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в Западной Сибири определяется количеством растений, сохранившихся к уборке, и массой зерна с колоса (Казак, Логинов, 2019). Продуктивная кустистость составляет 1.2 стебля на растение. При этом возможна селекция на оптимизацию архитектуры колоса (Konopatskaia et al., 2016), в том числе на ветвистость (Dobrovolskaya et al., 2017) и

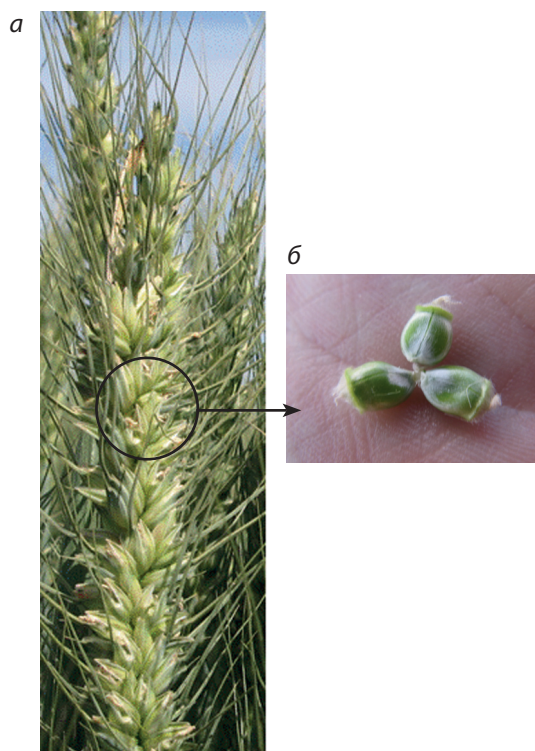


Рис. 4. Мутант мягкой пшеницы с тремя зерновками в одном цветке: а – колос; б – зерновки, из (Определитель..., 2009).

Фото В.П. Шаманина, ОмГАУ.

другие признаки (рис. 4), и на «загущенность» посевов за счет использования мутантов с эректоидными листьями (Dresvyannikova et al., 2019), как у некоторых сортов кукурузы.

Длина вегетационного периода. Скороспелость – важный селекционный признак на всей территории страны (Вавилов, 1935). Большинство сортов яровой пшеницы Сибири несут по два доминантных гена *Vrn*, контролирующих ее выраженность. Перспективны в селекции мягкой пшеницы на изменение длины вегетационного периода новые аллели этих генов (Чуманова и др., 2020). У большинства культур генетика признака изучена слабо, что препятствует широкому применению молекулярно-биологических методов.

Устойчивость к болезням. Фитопатологическая оценка коллекции сортов яровой мягкой пшеницы региона показала, что только 10–15 % изученных образцов характеризуются низкой восприимчивостью к бурой и стеблевой ржавчине и мучнистой росе (Leonova et al., 2017). Для увеличения пула новых генов, контролирующих устойчивость к этим патогенам, эффективна их интрогрессия (Orlovskaya et al., 2020; Адонина и др., 2021), в том числе из искусственных видов-амфилоидов (Гончаров Н.П. и др., 2020). В качестве альтернативы использования в селекции эффективных генов устойчивости в НИИСХ Северного Зауралья – филиале Тюменского научного центра (г. Тюмень) создан сорт мягкой яровой пшеницы Гренада с горизонтальной устойчивостью к стеблевой ржавчине (Новохатин и др., 2019).

Нетрадиционная селекция

Селекция и повышение плодородия почв. Ранее в регионе для улучшения почв использовали севообороты, включающие в себя обязательное возделывание бобовых и многолетних кормовых трав (Ильиных, 2016). Сейчас в селекции появилось новое направление – для регенеративного земледелия с аккумуляцией углерода в почве был создан сорт зернового пырея Сова (Шаманин и др., 2021). С 2020 г. он включен в «Госреестр...» как альтернатива многолетней пшенице. Его одновременно возделывают на зерно, которое убирают до отмирания зеленой массы, и на сено. Урожайность зерна 9–10 ц/га, сена – 70–75 ц/га. Сорт используется без пересева до семи лет. Устойчив к засухе и болезням. Крайне интересен вследствие ратификации РФ Парижского соглашения по климату, так как способен аккумулировать в почве углерод (до 3.7 т/га в год).

Функциональное питание напрямую связано с продолжительностью жизни человека. По этой причине за рубежом считается, что выгоднее и дешевле правильно кормить население, чем правильно лечить (Фотев и др., 2018). Однако для этого необходима селекция растений на конкретные нутриенты. В России же около 80 % продукции товарного овощеводства приходится на так называемый «борщевой набор»: капуста белокочанная, томат, огурец, морковь, свекла столовая, лук репчатый⁵. Ассортимент можно существенно расширить за счет новых овощных и зерновых культур. Например, из зерна пырея сизого можно выпекать «полезный хлеб», в котором в 5 раз больше кальция и в 10 раз больше фолиевой кислоты (Шаманин и др., 2021). Можно использовать сорта зерновых с повышенным содержанием микроэлементов (Abugalieva et al., 2021).

Молекулярно-биологические методы в селекции растений

Селекционеры получили новые инструменты для улучшения генотипов возделываемых растений. Так, ИЦиГ СО РАН принял участие в сборке генома пшеницы (IWGSC..., 2018). Следующий этап селекции будущего – это работа с пангеномом хозяйственно важных растений (Пронозин и др., 2021a).

Селекция на устойчивость к абиотическим факторам. На рис. 5 представлен вариант селекции на устойчивость к засухе с использованием методов молекулярной биологии.

Высота и архитектура растений. Селекция на короткостебельность вновь входит в приоритеты сибирских селекционеров (Коробейников и др., 2020). Отбор на гены, контролирующие оптимальную высоту растений, можно эффективно вести по молекулярным маркерам (Сухих и др., 2021).

Генетические модификации для улучшения возделываемых растений. Селекционеры широко используют технологии геномного моделирования и редактирования для решения задач селекции растений (Салина, 2016).

⁵ Чекмарев П.А. Состояние, перспективы развития и меры государственной поддержки овощеводства. URL: https://agrotip.ru/wp-content/uploads/2018/11/Presentatsia_Petra_Chekmarева.pdf (дата обращения 14.01.2021).

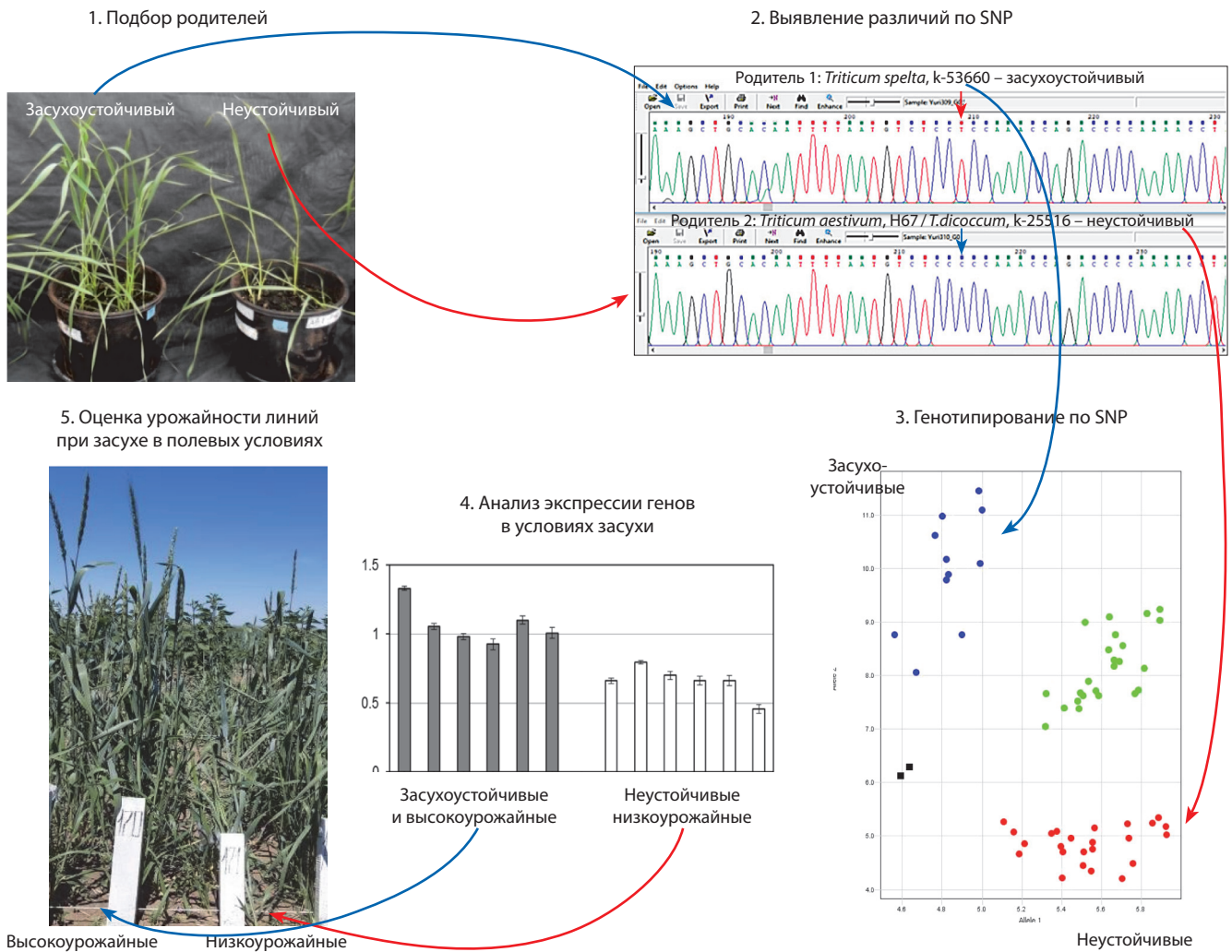


Рис. 5. Создание сортов яровой мягкой пшеницы, устойчивых к засухе, с сохранением высокой урожайности и качества зерна для юга Западной Сибири и Северного Казахстана с применением современных молекулярно-биологических методов (Jatayev et al., 2020).

Современные системы демонстрируют возможность получения нетрансгенных растений с заданными мутациями (Borisjuk et al., 2019), например редактирование генов, контролирующих оптимальное время цветения важнейших сельскохозяйственных культур (Kishchenko et al., 2020), и др.

Биоинформатика

Новые для биоинформатики вызовы – разработка IT, обеспечивающих быстрое, точное, массовое и в то же время детальное описание фенотипов растений как в полевых, так и в лабораторных условиях (Колчанов и др., 2017; Genaev et al., 2019). При этом необходимо существенно удешевить и ускорить процесс получения актуальных данных с высоким временным и пространственным разрешением. Для диагностики состояния посевов перспективно использование беспилотных летательных аппаратов (Альт и др., 2019), для диагностики растений – автоматическое фенотипирование (Пронозин и др., 2021б), для оценки рисков редактированных растительных организмов – динамическое программирование (Коротков и др., 2021).

Семеноводство и семенной контроль

Сортовой контроль. Сортовую идентификацию семян иностранных компаний часто не представляется возможным провести из-за отсутствия у российских исследователей стандартных образцов (Лобач, Самусь, 2018). Возможна только оценка их сортовой чистоты.

Зарубежные сорта. Зарубежные и инорайонные сорта зерновых культур удалось вытеснить из посевов СФО сортами местной селекции (Логинов и др., 2016; Сурин, 2019). В то же время семена зарубежных сортов овощных культур не имеют конкурентов. И по многим другим культурам, например зернобобовым (Казыдуб и др., 2020), в силу разных причин импортозамещение также невозможно.

Сортосмена важна для динамического развития растениеводства в СФО. Так называемая сортовая мозаика позволяет контролировать на полях уровень развития болезней (Беспалова, 2016). Кроме того, сорт должен возделываться столько, сколько он может обеспечивать получение стабильного урожая высокого качества. Например, сорт картофеля Russet Burbank, созданный в конце

XIX в., до сих пор выращивается в США и Австралии для производства чипсов. Следует учитывать, что сорта-гибриды F₁ существенно искажают статистику динамики сортосмены в стране.

Заключение

Отметим, что аграрное производство РФ представляет собой стержень экономической системы государства, от развития которого во многом зависит уровень жизни и благосостояния населения. По существу, аграрная сфера предопределяет будущее развития российского государства (Беляев, 2018). Поэтому решение проблем в аграрном секторе экономики, в том числе в селекции и семеноводстве, – одна из первостепенных задач государственно-властных органов. Селекция растений представляет собой очень длительный процесс, и сегодня главное не догнать и/или обогнать, а не ошибиться в направлении ее дальнейшего развития.

К Правительству РФ. Селекция должна быть приравнена к **фундаментальным** наукам, так как нет ничего более фундаментального в современном мире, чем продовольствие и победа над голодом. Она должна занять важное место в национальной программе «Наука», и ее следует финансировать из госбюджета через **специальные фонды**. Хозрасчет и хоздоговоры в селекции неприемлемы.

Подготовка кадров селекционеров – немаловажный фактор обеспечения продовольственной безопасности страны. Для ее успешного осуществления требуется не только восстановление полноценных кафедр селекции и семеноводства во всех вузах Минсельхоза и выделение бюджетных мест под них, но и реорганизация самих отраслевых вузов, почему-то до сих пор работающих по образовательным стандартам Минобрнауки РФ.

К ОСХН РАН и Минсельхозам СФО. В настоящее время назрела необходимость принятия регионального документа «Об упорядочении селекционно-генетических исследований в СФО и ведении на ее территории оригинального семеноводства». В противном случае придется жить по программе «Селекция 2.0» ВШЭ и ФАС России.

Список литературы / References

Адонина И.Г., Тимонова Е.М., Салина Е.А. Интрогрессивная гибридизация мягкой пшеницы: результаты и перспективы. *Генетика*. 2021;57(4):384-402. DOI 10.31857/S0016675821030024.
[Adonina I.G., Timonova E.M., Salina E.A. Introgressive hybridization of common wheat: results and prospects. *Russ. J. Genet.* 2021; 57(4):390-407. DOI 10.1134/S1022795421030029.]

Алхименко Р.В., Берзин А.М., Бобровский А.В., Бопп В.Л., Брылев С.В., Бутковская Л.К., Васильев А.А., Вебер О.Н., Едигейчев Ю.Ф., Зобова Н.В., Крупкин П.И., Кузнецова И.А., Кузьмин Д.Н., Малахова З.В., Малинников А.В., Плеханова Л.В., Пурлаур В.К., Романов В.Н., Смыкова Т.К., Селиванов Н.И., Сурин Н.А., Топтыгин В.В., Трубников Ю.Н., Федорова М.А., Шорохов Л.Н., Шпагин А.И., Шпедт А.А. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: руководство. Красноярск, 2015.
[Alkhimenko R.V., Berzin A.M., Bobrovsky A.V., Bopp V.L., Brylev S.V., Butkovskaya L.K., Vasil'ev A.A., Veber O.N., Edimeichev Yu.F., Zobova N.V., Krupkin P.I., Kuznetsova I.A., Kuzmin D.N., Malakhova Z.V., Malinnikov A.V., Plekhanova L.V., Pur-

laur V.K., Romanov V.N., Smykova T.K., Selivanov N.I., Surin N.A., Topotygin V.V., Trubnikov Yu.N., Fedorova M.A., Shorokhov L.N., Shpagin A.I., Shpedt A.A. The System of Agriculture of the Krasnoyarsk Territory on a Landscape Basis: Recommendations. Krasnoyarsk, 2015. (in Russian)]

Альт В.В., Пестунов И.А., Мельников П.В., Ёлкин О.В. Автоматизированное обнаружение сорняков и оценка качества всходов сельскохозяйственных культур по RGB-изображениям. *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 2019;48(5):52-60. DOI 10.26898/0370-8799-2018-5-7.
[Alt V.V., Pestunov I.A., Melnikov P.V., Elkin O.V. Automated detection of weeds and evaluation of crop sprouts quality based on RGB images. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2018;48(5):52-60. DOI 10.26898/0370-8799-2018-5-7. (in Russian)]

Анищенко А.Н. «Умное» сельское хозяйство как перспективный вектор роста аграрного сектора экономики России. *Продовольственная политика и безопасность*. 2019;6(2):97-108. DOI 10.18334/ppib.6.2.41384.
[Anischenko A.N. "Smart" agriculture as a promising vector of growth of the agrarian sector of economy. *Prodovol'stvennaya Politika i Bezopasnost' = Food Policy and Security*. 2019;6(2):97-108. DOI 10.18334/ppib.6.2.41384. (in Russian)]

Беляев В. Историография аграрных реформ в России в XX веке. *Соц.-экон. и гуманит. журн. Красноярского ГАУ*. 2018;2(8):116-127.
[Belyaev V. Historiography of agrarian reforms in Russia in the twentieth century. *Sotsialno-ekonomicheskii i Gumanitarnyy Zhurnal Krasnoyarskogo GAU = Socio-economic and Humanitarian Journal of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2018;2(8):116-127. (in Russian)]

Беспалова Л.А. Высокий уровень селекции определяет темпы сортосмены. *Селекция, семеноводство и генетика*. 2016;4:24-28.
[Bespalova L.A. High level of breeding determines the rate of variety change. *Seleksiya, Semenovodstvo i Genetika = Breeding, Seed Production and Genetics*. 2016;4:24-28. (in Russian)]

Вавилов Н.И. Ботанико-географические основы селекции. М.; Л.: Сельхозгиз, 1935.
[Vavilov N.I. Botanical-geographical Base of Breeding. Moscow–Leningrad: Selkhozgiz Publ., 1935. (in Russian)]

Гончаров Н.П. Николай Иванович Вавилов. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2017.
[Goncharov N.P. Nikolai Ivanovich Vavilov. 2nd edn. Novosibirsk: Acad. Publ. House "Geo", 2017. (in Russian)]

Гончаров Н.П., Богуславский Р.Л., Орлова Е.А., Белоусова М.Х., Аминов Н.Х., Коновалов А.А., Кондратенко Е.Я., Гульгяева Е.И. Устойчивость амфилоидов пшеницы к возбудителю бурой ржавчины. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020;6(3):95-106. DOI 10.18699/Letters2020-6-14.
[Goncharov N.P., Boguslavsky R.L., Orlova E.A., Belousova M.Kh., Aminov N.Kh., Konovalov A.A., Kondratenko E.Ya., Gulyaeva E.I. Leaf rust resistance in wheat amphidiploids. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;6(3):95-106. DOI 10.18699/Letters 2020-6-14. (in Russian)]

Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений. Изд. 3-е, испр. и доп. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2018.
[Goncharov N.P., Goncharov P.L. Methodical Bases of Plant Breeding. 3rd edn. Novosibirsk: Acad. Publ. House "Geo", 2018. (in Russian)]

Гончаров Н.П., Шумный В.К. Методы генетики в селекции растений: к 80-летию Сибирского НИИ растениеводства и селекции. *Информ. вестн. ВОГИС*. 2006;10(2):395-403.
[Goncharov N.P., Shumny V.K. Plant genetics methods in plant breeding: the 80th anniversary of Siberian Institute of Plant Industry and Breeding. *Informatsionny Vestnik VOGiS = The Herald of*

- Vavilov Society for Geneticists and Breeders*. 2006;10(2):395-403. (in Russian)]
- Гончаров Н.П., Шумный В.К. От сохранения генетических коллекций к национальной системе хранения в вечной мерзлоте. *Информ. вестн. ВОГИС*. 2008;12(4):509-523. [Goncharov N.P., Shumny V.K. From preservation of genetic collections to organization of National project of plant gene pools conservation in permafrost. *Informatsionny Vestnik VOGiS = The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeders*. 2008;12(4): 509-523. (in Russian)]
- Гончаров П.Л. Растениеводство и селекция растений в Сибири. *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 2009;10:36-45. [Goncharov P.L. Crop production and plant breeding in Siberia. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2009;10:36-45. (in Russian)]
- Гончаров П.Л., Жуков В.И., Максименко В.П., Цильке Р.А., Михеев В.А., Сироткин В.В., Христов Ю.А. Комплексная селекционная программа «Сибирская пшеница». Новосибирск, 1989. [Goncharov P.L., Zhukov V.I., Maksimenko V.P., Zilke R.A., Mikhhev V.A., Sirotkin V.V., Khristov Yu.A. Complex Breeding Program "Siberian Wheat". Novosibirsk, 1989. (in Russian)]
- Гурова Т.А., Осипова Г.М. Проблема сопряженной стрессоустойчивости растений при изменении климата в Сибири. *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 2018;48(2):81-92. DOI 10.26898/0370-8799-2018-2-11. [Gurova T.A., Osipova G.M. The problem of combined stress resistance of plants under climate change in Siberia. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2018;48(2):81-92. DOI 10.26898/0370-8799-2018-2-11. (in Russian)]
- Донченко А.С., Каличкин В.К., Гончаров П.Л., Гергерт В.А., Горобей И.М., Ашмарина Л.Ф., ... Котенев В.М., Мунгалов В.В., Ефанов Е.В., Колинко П.В., Голиков Р.П. Полевые работы в Сибири в 2015 году: рекомендации. Новосибирск, 2015. [Donchenko A.S., Kalichkin V.K., Goncharov P.L., Gergert V.A., Gorobey I.M., Ashmarina L.F., ... Kotenev V.M., Mungalov V.V., Efanov E.V., Kolinko P.V., Golikov R.P. Field Work in Siberia in 2015: Recommendations. Novosibirsk, 2015. (in Russian)]
- Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г., Воробьев В.А., Дубровская А.Г., Коробейников Н.И., Новохатин В.В., Максименко В.П., Бабакишиев А.Г., Илющенко В.Г., Калашник Н.А., Зуйков Ю.П., Федотов А.М. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. [Dragavtsev V.A., Zilke R.A., Reuter B.G., Vorobiev V.A., Dubrovskaya A.G., Korobeinikov N.I., Novokhatin V.V., Maksimenko V.P., Babakishiev A.G., Iyushchenko V.G., Kalashnik N.A., Zujkov Yu.P., Fedotov A.M. Genetics of Productivity Traits of Spring Wheat in Western Siberia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1984. (in Russian)]
- Елина О.Ю. Наука для сельского хозяйства в Российской империи: формы патронажа. *Вопр. истории естествознания и техники*. 1995;1:40-63. [Elina O.Yu. Science for agriculture in the Russian Empire: forms of patronage. *Voprpsy Istorii Estestvoznaniia i Tekhniki = Issues of the History of Natural Science and Technology*. 1995;1:40-63. (in Russian)]
- Ильиних В.А. Звезда и смерть сибирского травополя. *Крестьяноведение*. 2016;1(1):93-212. DOI 10.22394/2500-1809-2016-1-1-93-121. [Il'inykh V.A. The star and the death of the Siberian grassland farming. *Krestyanovedenie = Russian Peasant Studies*. 2016;1(1):93-212. DOI 10.22394/2500-1809-2016-1-1-93-121. (in Russian)]
- Казак А.А., Логинов Ю.П. Научные основы разработки модели сорта яровой мягкой пшеницы для Западной Сибири. *Вестн. Курган. ГСХА*. 2019;3:9-12. [Kazak A.A., Loginov Yu. P. Scientific areas of spring soft wheat for Western Siberia. *Vestnik Kurganskoy GSHA = Herald of Kurgan State Agricultural Academy*. 2019;3:9-12. (in Russian)]
- Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Боровикова М.А., Безуглова Е.В., Быкова К.А. Зернобобовые культуры в Западной Сибири (фасоль и бобы овощные, нут): биология, генетика, селекция, использование. Омск, 2020. [Kazydub N.G., Kuzmina S.P., Borovikova M.A., Bezuglova E.V., Bykova K.A. Leguminous Crops in Western Siberia (Common Bean, Vegetable Bean, and Chickpea): Biology, Genetics, Breeding, and Use. Omsk, 2020. (in Russian)]
- Каталог сортов сельскохозяйственных культур, созданных учеными Сибири и включенных в Госреестр РФ (районированных) в 1929–2008 гг. (сост. П.Л. Гончаров и др.). Новосибирск, 2009. [Catalog of Varieties of Agricultural Crops Produced by Scientists of Siberia and Included in the State Register of the Russian Federation (zoned) in 1929–2008. (Compiled by P.L. Goncharov et al.). Novosibirsk, 2009. (in Russian)]
- Кершенгольц Б.М., Жимулев И.Ф., Гончаров Н.П., Чжан Р.В., Филиппова Г.В., Шейн А.А., Прокопьев И.А. Сохранение генофонда растений в условиях многолетней мерзлоты: состояние, преимущества, перспективы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012;16(3):675-682. [Kershengolts B.M., Zhimulev I.F., Goncharov N.P., Zhang R.V., Filippova G.V., Shein A.A., Prokopiev I.A. Preservation of the gene pool of plants under permafrost conditions: state, advantages, and prospects. *Russ. J. Genet.: Appl. Res.* 2013;3(1):35-39.]
- Колчанов Н.А., Кочетов А.В., Салина Е.А., Першина Л.А., Хлесткина Е.А., Шумный В.К. Состояние и перспективы использования маркер-ориентированной и геномной селекции растений. *Вестн. РАН*. 2017;87(4):348-354. [Kolchanov N.A., Kochetov A.V., Salina E.A., Pershina L.A., Khlestkina E.K., Shumny V.K. Status and prospects of marker-assisted and genomic plant breeding. *Vestnik RAN = Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2017;87(2):125-131. DOI 10.1134/S1019331617020113.]
- Коробейников Н.И., Валежжанин В.С., Пеннер И.Н. Результаты селекции короткостебельных сортов мягкой яровой пшеницы интенсивного типа в Алтайском крае. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(7):62-67. DOI 10.24411/0235-2451-2020-1071. [Korobeynikov N.I., Valekzhanin V.S., Penner I.N. Breeding of intensive short-stem varieties of common spring wheat in the Altai Krai. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020;34(7):62-67. DOI 10.24411/0235-2451-2020-1071. (in Russian)]
- Коротков Е.В., Яковлева И.В., Каминская А.М. Использование математических методов с целью оценки безопасности сельскохозяйственных культур. *Прикл. биохимия и микробиология*. 2021;57(2):196-205. DOI 10.31857/S0555109921020069. [Korotkov E.V., Yakovleva I.V., Kamionskaya A.M. Use of mathematical methods for the biosafety assessment of agricultural crops. *Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya = Applied Biochemistry and Microbiology*. 2021;57(2):196-205. DOI 10.31857/S0555109921020069. (in Russian)]
- Корчагина И.А., Юшкевич Л.В. Азотное питание сортов яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири. В: Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века: Сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-летию выдающегося организатора науки и первого директора ИПА СО РАН Романа Викторовича Ковалева. 4–8 дек. 2017 г., г. Новосибирск. Томск: Изд. дом ТГУ, 2017;212-215. DOI 10.17223/9785946216456/49. [Korchagina I.A., Yushkevich L.V. Nitrogen nutrition of spring wheat varieties in the forest-steppe of West Siberia. In: Soil Resources of Siberia: Challenges of the XXI century: Proceedings of the All-Russia Scientific Conference with international participation dedicated to the 110th anniversary of the prominent science manager and the first director of the Institute of Soil Science and Agrochemistry R.V. Kovalev, Dec. 4–8, 2017, Novosibirsk. Tomsk, 2017; 212-215. DOI 10.17223/9785946216456/49. (in Russian)]
- Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России.

- Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(4):401-407. DOI 10.18699/VJ21.044.
[Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):401-407. DOI 10.18699/VJ21.044.]
- Левичкая Г.Е. Редкие виды в экспериментальной коллекции семян дикорастущих криобанка Института биофизики клетки Российской академии наук. *Вестн. Тамбов. ГУ*. 2017;22(5):940-944. DOI 10.20310/1810-0198-2017-22-5-940-944.
[Levitskaya G.E. Rare species in experimental collection of wilding seeds in the Institute of Cell Biophysics of RAS. *Vestnik Tambovskogo GU = Tambov University Reports. Ser. Natural and Technical Sciences*. 2017;22(5):940-944. DOI 10.20310/1810-0198-2017-22-5-940-944. (in Russian)]
- Лихенко И.Е., Артёмова Г.В., Степочкин П.И., Сотник А.Я., Гринберг Е.Г. Генофонд и селекция сельскохозяйственных растений. *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 2014;5:35-41.
[Likhenko I.E., Artemova G.V., Stepochkin P.I., Sotnik A.Ya., Grinberg E.G. Gene pool and breeding of agricultural plants. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2014;5:35-41. (in Russian)]
- Лобач И.А., Самусь М.В. Грунтовой контроль – эффективный инструмент в борьбе с контрафактом. *Селекция, семеноводство и генетика*. 2018;2:33-35.
[Lobach I.A., Samus M.V. Ground control is an effective tool in the fight against counterfeit goods. *Seleksiya, Semenovodstvo i Genetika = Breeding, Seed Production and Genetics*. 2018;2:33-35. (in Russian)]
- Логинов Ю.П., Казак А.А., Якубышина Л.И. Импортзамещение зерновых культур в Тюменской области. *Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та*. 2016;7:14-20.
[Loginov Y.P., Kazak A.A., Yakubishina L.I. Import substitution of crops in the Tyumen region. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of the Altai State Agricultural University*. 2016;7:14-20. (in Russian)]
- Новохатин В.В., Драгавцев В.А., Леонова Т.А., Шеломенцева Т.В. Создание сорта мягкой яровой пшеницы Гренада с помощью инновационных технологий селекции на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков. *С.-х. биология*. 2019;54(5):905-919. DOI 10.15389/agrobiology.2019.5.905rus.
[Novokhatin V.V., Dragavtsev V.A., Leonova T.A., Shelomentseva T.B. Creation of a spring soft wheat variety Grenada with the use of innovative breeding technologies based on the original theory of eco-genetic arrangement of quantitative traits. *Sel'skokhozyaystvennaya Biologiya = Agricultural Biology*. 2019;54(5):905-919. DOI 10.15389/agrobiology.2019.5.905eng.]
- Определитель разновидностей мягкой и твердой пшениц (сост. Н.П. Гончаров). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009.
[Manual Book of Common and Hard Wheat Varieties (Compiled by N.P. Goncharov). Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN Publ., 2009. (in Russian)]
- Полюдина Р.И. Селекция клевера лугового в Сибири. *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 2016;5:106-112.
[Polyudina R.I. Breeding of red clover in Siberia. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2016;5:106-112. (in Russian)]
- Программа работ селекцентра СибНИИ растениеводства и селекции до 1990 г. Новосибирск: ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние, 1978.
[Program of Works of the Breeding Center of the Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding until 1990. Novosibirsk: Siberian Branch of VASKHNIL, 1978. (in Russian)]
- Программа работ селекцентра СибНИИ растениеводства и селекции до 2010 г. Новосибирск: ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние, 1989.
[Program of Works of the Breeding Center of the Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding until 1990. Novosibirsk: Siberian Branch of VASKHNIL, 1989. (in Russian)]
- Программа работ селекцентра ГНУ СибНИИ растениеводства и селекции до 2030 г. Вып. 3. (И.Е. Лихенко и др.). Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние, 2011а.
[Program of Works of the Breeding Center of the Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding until 2030. Issue 3. (I.E. Likhenko et al.). Novosibirsk: Siberian Branch of RASKHN, 2011a. (in Russian)]
- Программа работ селекционного центра Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства на период 2011–2030 гг. (ред. Р.И. Рутц). Новосибирск: РАСХН, 2011б.
[Program of Works of the Breeding Center of the Siberian Research Institute of Agriculture for the period 2011–2030 (R.I. Rutz (Ed.)). Novosibirsk: RASKHN, 2011b. (in Russian)]
- Прозозин А.Ю., Брагина М.К., Салина Е.А. Пангеномы сельскохозяйственных растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021а;25(1):57-63. DOI 10.18699/VJ21.007.
[Prnozoin A.Yu., Bragina M.K., Salina E.A. Crop pangenomes. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021a;25(1):57-63. DOI 10.18699/VJ21.007.]
- Прозозин А.Ю., Паулиш А.А., Заварзин Е.А., Приходько А.Ю., Прохoshin Н.М., Кручинина Ю.В., Гончаров Н.П., Комышев Е.Г., Генаев М.А. Автоматическое фенотипирование морфологии колоса тетра- и гексаплоидных видов пшеницы методами компьютерного зрения. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021б;25(1):71-81. DOI 10.18699/VJ21.009.
[Prnozoin A.Yu., Paulish A.A., Zavarzin E.A., Prikhodko A.Yu., Prokoshin N.M., Kruchinina Yu.V., Goncharov N.P., Komyshev E.G., Genaev M.A. Automatic morphology phenotyping of tetra- and hexaploid wheat spike using computer vision methods. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021b;25(1):71-81. DOI 10.18699/VJ21.009.]
- Рассыпнов В.А., Ушакова Е.В. Философия почвоведения в меняющейся экономике России. В: Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века: Сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-летию выдающегося организатора науки и первого директора ИПА СО РАН Романа Викторовича Ковалева. 4–8 дек. 2017 г., г. Новосибирск. Томск: Изд. дом ТГУ, 2017;244-248. DOI 10.17223/9785946216456/56.
[Rassypnov V.A., Ushakova E.V. Philosophy of soil science in the changing Russian economy. In: Soil Resources of Siberia: Challenges of the XXI century: Proceedings of the All-Russia Scientific Conference with international participation dedicated to the 110th anniversary of the prominent science manager and the first director of the Institute of Soil Science and Agrochemistry R.V. Kovalev, Dec. 4–8, 2017, Novosibirsk. Tomsk, 2017;244-248. DOI 10.17223/9785946216456/56. (in Russian)]
- Ренёв Е.П., Ерёмин Д.И., Ерёмина Д.В. Оценка основных показателей плодородия почв, наиболее пригодных для расширения пахотных угодий в Тюменской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2017;31(4):27-31.
[Renev E.P., Eremin D.I., Eremina D.V. Estimation of the main indicators of fertility of soils most appropriate for expansion of croplands in Tyumen Region. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2017;31(4):27-31. (in Russian)]
- Салина Е.А. Технологии геномного моделирования и редактирования для решения задач селекции растений. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(9):9-14.
[Salina E.A. Genome modeling and editing technologies for solving the breeding challenges. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30(9):9-14. (in Russian)]
- Сибирь, Дальний Восток и Крайний Север в ГНТП Миннауки «Перспективные процессы производства сельскохозяйственной продукции» (Сост. П.Л. Гончаров). Новосибирск, 1993.
[Siberia, the Far East, and the Far North in the State Research and Development Program of the Ministry of Science “Promising Pro-

- cesses in Agricultural Production” (Compiled by P.L. Goncharov). Novosibirsk, 1993. (in Russian)]
- Скоренко Т. Изобретено в России. История русской изобретательской мысли от Петра I до Николая II. М.: Альпина нон-фикшн, 2017.
- [Skorenko T. Invented in Russia. The history of Russian inventive thought from Peter I to Nicholas II. Moscow: Alpina non-fiction Publ., 2017. (in Russian)]
- Степочкин П.И., Пономаренко В.И., Першина Л.А., Осадчая Т.С., Трубачеева Н.В. Использование отдаленной гибридизации для создания селекционного материала озимой пшеницы. *Достижения науки и техники АПК*. 2012;6:37-38.
- [Stepochkin P.I., Ponomarenko V.I., Pershina L.A., Osadchaya T.S., Trubacheeva N.V. Utilization of distant hybridization for development of breeding material of winter wheat. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2012;6:37-38. (in Russian)]
- Сури́н Н.А. Состояние и перспективы селекционной работы по полевым культурам в Сибири. В: Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири. ОСП–2019: Материалы междунар. конф. ... посвящ. 90-летию академика РАН П.Л. Гончарова и 50-летию СО РАСХН. 23–26 июля 2019 г., г. Красноярск. Красноярск, 2019;9-12.
- [Surin N.A. State and prospects of breeding work on field crops in Siberia. In: Optimization of the Breeding Process is a Factor of Stabilization and Growth of Crop Production in Siberia. OSP–2019: Proceedings of the International Conference dedicated to the 90th anniversary of RAS Member P.L. Goncharov and 50th anniversary of SB RAAS. July 23–26, 2019, Krasnoyarsk. Krasnoyarsk, 2019; 9-12. (in Russian)]
- Сухих И.С., Вавилова В.Ю., Блинов А.Г., Гончаров Н.П. Разнообразие и фенотипический эффект аллельных вариантов генов короткостебельности *Rht* у пшениц. *Генетика*. 2021;57(2):127-139. DOI 10.31857/S0016675821020107.
- [Sukhikh I.S., Vavilova V.Y., Blinov A.G., Goncharov N.P. Diversity and phenotypical effect of the allele variants of dwarfing *Rht* genes in wheat. *Russ. J. Genet.* 2021;57(2):127-138. DOI 10.1134/S1022795421020101.]
- Сысо А.И. Актуальные проблемы биогеохимии и агрохимии макро- и микроэлементов в Сибири. В: Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века: Сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-летию выдающегося организатора науки и первого директора ИПА СО РАН Романа Викторовича Ковалева. 4–8 дек. 2017 г., г. Новосибирск. Томск: Изд. дом ТГУ, 2017;12-15. DOI 10.17223/9785946216456/3.
- [Syso A.I. Current problems in the biogeochemistry and agrochemistry of macro- and microelements in Siberia. In: Soil Resources of Siberia: Challenges of the XXI century: Proceedings of the All-Russia Scientific Conference with international participation dedicated to the 110th anniversary of the prominent science manager and the first director of the Institute of Soil Science and Agrochemistry R.V. Kovalev, Dec. 4–8, 2017, Novosibirsk. Tomsk, 2017;12-15. DOI 10.17223/9785946216456/3. (in Russian)]
- Фотев Ю.В., Пивоваров В.Ф., Артемьева А.М., Куликов И.М., Гончарова Ю.К., Сысо А.И., Гончаров Н.П. Концепция создания российской системы функциональных продуктов питания. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(7):776-783. DOI 10.18699/VJ18.421.
- [Fotev Yu.V., Pivovarov V.F., Artemyeva A.M., Kulikov I.M., Goncharova Yu.K., Syso A.I., Goncharov N.P. Concept of producing of the Russian national system of functional food. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(7):776-783. DOI 10.18699/VJ18.421. (in Russian)]
- Чекмарев П.А. Воспроизводство плодородия – залог стабильного развития агропромышленного комплекса России. *Плодородие*. 2018;1:4-7. DOI 10/25680/S19948603.2018.100.01.
- [Chekmarev P.A. Fertility recovery is the cornerstone of sustainable development of Russian agribusiness. *Plodородiye = Fertility*. 2018;1:4-7. DOI 10/25680/S19948603.2018.100.01. (in Russian)]
- Черноиванов В.И. Полтора века аграрных проблем: сельскохозяйственное ведомство России в лицах. 1837–2005. Изд. 2-е, доп. М., 2006.
- [Chernoivanov V.I. One and a Half Centuries of Agrarian Problems: The Agricultural Department of Russia in Persons. 1837–2005. 2nd edn. Moscow, 2006. (in Russian)]
- Чуманова Е.В., Ефремова Т.Т., Кручинина Ю.В. Влияние различных доминантных аллелей локусов *VRN* и их комбинаций на продолжительность фаз развития и продуктивность у линий мягкой пшеницы. *Генетика*. 2020;56(7):805-818. DOI 10.31857/S0016675820070024.
- [Chumanova E.V., Efremova T.T., Kruchinina Y.V. The effect of different dominant *VRN* alleles and their combinations on the duration of developmental phases and productivity in common wheat lines. *Russ. J. Genet.* 2020;56(7):822-834. DOI 10.1134/S1022795420070029.]
- Шабанов В.Л., Кутенков Р.П., Блинова Т.В. Использование метода Фурье для прогнозирования демографических процессов. *Региональные агросистемы: экономика и социология*. 2019;3: 142-149.
- [Shabanov L.V., Kutenkov R.P., Blinova T.V. Using the Fourier method for forecasting demographic processes. *Regionalnye Agrosistemy: Ekonomika i Sotsiologiya = Regional Agricultural Systems: Economics and Sociology*. 2019;3:142-149. (in Russian)]
- Шаманин В.П., Моргунов А.И., Айдаров А.Н., Шепелев С.С., Чурсин А.С., Потоцкая И.В., Хамова О.Ф., Dehaan L.R. Крупнозерный сорт пырея сизого (*Thinopyrum intermedium*) Сова как альтернатива многолетней пшенице. *С.-х. биология*. 2021;56.
- [Shamanin V.P., Morgunov A.I., Aidarov A.N., Shepelev S.S., Chursin A.S., Pototskaya I.V., Khamova O.F., Dehaan L.R. Large-grain variety of gray wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) Sova as an alternative to perennial wheat. *Selskokhozyaystvennaya Biologiya = Agricultural Biology*. 2021;56. (in Russian)]
- Шумный В.К., Гончаров П.Л. Памяти академика РАСХН Анатолия Васильевича Пухальского (16.07.1909–28.02.2008). *Информ. вестн. ВОГуС*. 2008;12(1-2):262-267.
- [Shumny V.K., Goncharov P.L. In the memory of Academician of the Russian Agricultural Academy Anatoly Vasilyevich Pukhalsky (16.07.1909–28.02.2008). *Informatsionnyy Vestnik VOGiS = The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeders*. 2008;12(1-2): 262-267. (in Russian)]
- Шумный В.К., Тихонович И.А., Беспалова Л.А., Сури́н Н.А., Харитонов Е.М., Харченко П.Н., Косолапов В.М., Шамсутдинов З.Ш. Памяти академика Петра Лазаревича Гончарова (1929–2016). *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;2(3):27-28.
- [Shumny V.K., Tikhonovich I.A., Bepalova L.A., Surin N.A., Kharitonov E.M., Kharchenko P.N., Kosolapov V.M., Shamsutdinov Z.Sh. In memoriam Academician Pyotr L. Goncharov (1929–2016). *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;2(3):27-28. (in Russian)]
- Abugalieva A., Flis P., Shamanin V., Savin T., Morgounov A. Ionomnic analysis of spring wheat grain produced in Kazakhstan and Russia. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2021;52:7. DOI 10.1080/00103624.2020.1865398.
- Borisjuk N., Kishchenko O., Eliby S., Schramm C., Anderson P., Jatayev S., Kurishbayev A., Shavrukov Y. Genetic modification for wheat improvement: from transgenesis to genome editing. *BioMed Res. Int.* 2019;6216304. DOI 10.1155/2019/6216304.
- Davies D.R. Creation of new models for crop plants and their use in plant breeding. *Appl. Bot.* 1977;2:87-127.
- Dobrovolskaya O.B., Amagai Y., Popova K.I., Dresvyannikova A.E., Martinec P., Krasnikov A.A., Watanabe N. Genes *WHEAT FRIZZY*

- PANICLE* and *SHAM RAMIFICATION 2* independently regulate differentiation of floral meristems in wheat. *BMC Plant Biol.* 2017; 17(2):15-27. DOI 10.1186/s12870-017-1191-3.
- Donald C.M. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica.* 1968;17:385-403. DOI 10.1007/BF00056241.
- Dresvyannikova A.E., Watanabe N., Muterko A.F., Krasnikov A.A., Goncharov N.P., Dobrovolskaya O.B. Characterization of a dominant mutation for the liguleless trait: *Aegilops tauschii liguleless (Lg^l)*. *BMC Plant Biol.* 2019;9(Suppl.1):55. DOI 10.1186/s12870-019-1635-z.
- Elina O. Lysenko's predecessors: the Demchinskys and the bed cultivation of cereal crops. In: The Lysenko Controversy as a Global Phenomenon. Vol. 1. Palgrave Macmillan, Cham., 2017;37-66.
- Genaev M.A., Komyshev E.G., Smirnov N.V., Kruchinina Y.V., Goncharov N.P., Afonnikov D.A. Morphometry of the wheat spike by analyzing 2D images. *Agronomy.* 2019;9:390. DOI 10.3390/agronomy9070390.
- IWGSC; Appels R., Eversole K., Feuillet C., Keller B., Rogers J., Stein N., ... Du X., Feng K., Nie X., Tong W., Wang L. Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. *Science.* 2018;361(6403):eaar7191. DOI 10.1126/science.aar719136.
- Jatayev S., Sukhikh I., Vavilova V., Smolenskaya S.E., Goncharov N.P., Kurishbayev A., ... Anderson P., Jenkins C.L.D., Soole K.L., Shavrukov Y., Langridge P. Green revolution 'stumbles' in a dry environment: dwarf wheat plants with *Rht* genes fail to produce higher yield than taller genotypes under drought. *Plant Cell Environ.* 2020;43:2355-2364. DOI 10.1111/pce.13819.
- Kishchenko O., Zhou Y., Jatayev S., Shavrukov Y., Borisjuk N. Gene editing applications to modulate crop flowering time and seed dormancy. *ABIOTECH.* 2020;1:233-245. DOI 10.1007/s42994-020-00032-z.
- Konopatskaia I., Vavilova V., Blinov A., Goncharov N.P. Spike morphology genes in wheat species (*Triticum* L.). *Proc. Latv. Acad. Sci. B. Nat. Exact. Appl. Sci.* 2016;70(6):345-355.
- Leonova I.N., Stasyuk A.I., Skolotneva E.S., Salina E.A. Enhancement of leaf rust resistance of Siberian winter wheat varieties by marker-assisted selection. *Cereal Res. Comm.* 2017;5(4):621-632. DOI 0.1556/0806.45.2017.048.
- Orlovskaya O., Dubovets N., Solovey L., Leonova I. Molecular cytological analysis of alien introgressions in common wheat lines derived from the cross of *Triticum aestivum* with *T. kiharae*. *BMC Plant Biol.* 2020;20(Suppl.1):201. DOI 10.1186/s12870-020-02407-2.

Благодарности. Работа выполнена по бюджетному проекту ИЦиГ СО РАН № 0259-2021-0012.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.03.2021. После доработки 07.04.2021. Принята к публикации 07.04.2021.