

*На правах рукописи*

**Герасимов Сергей Александрович**

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОГО  
ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

Специальность 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

**Красноярск – 2024**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Научный консультант: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН **Сури́н Николай Александрович**

Официальные оппоненты:

**Щенникова Ирина Николаевна,**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства ячменя;

**Казак Анастасия Афонасьевна,**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «государственный аграрный университет Северного Зауралья», зав. кафедрой биотехнологии и селекции в растениеводстве;

**Репко Наталья Валентиновна,**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»

Защита состоится «24» октября 2024 г. в 12<sup>30</sup> на заседании диссертационного совета 35.2.018.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 90, тел.: +7(391)227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Халипский  
Анатолий Николаевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Глобальное изменение климата, напряженная обстановка в мире, сокращение биоразнообразия, деградация земель, создают нагрузку на ресурсы планеты и негативно влияют на рост сельскохозяйственного производства (URL:<http://www.fao.org/3/cc2063ru/online/fao-sustainable-development-goals-2022/chapter-1.html>). По расчетам ученых, в связи со стремительно растущим населением Земли объем мирового производства зерна должен к 2050 году возрасти вдвое. Устойчивое и стабильное сельское хозяйство возможно благодаря повышению продуктивности новых сортов и внедрению ресурсосберегающих агротехнологий их возделывания (Сурин, Ляхова, 1993; Ревякин и др., 2011; Гостев и др., 2016).

Яровой ячмень является наиболее востребованной и распространенной зернофуражной культурой в России – в последние годы его посевы достигли около 8 млн. га или 16,0 % от всех посевных площадей под зерновыми и зернобобовыми культурами. Средняя Сибирь с преобладанием в ней неблагоприятных факторов в виде засух, ливневых осадков в сочетании с сильными ветрами, распространением болезней растений, наличием почв с различной степенью кислотности является зоной рискованного земледелия. Среди субъектов Средней Сибири основные посеы ячменя сосредоточены в Красноярском крае – около 140-170 тыс. га.

Многолетними исследованиями отечественных и зарубежных авторов установлено, что селекция, как способ улучшения создаваемых сортов различных культур, является наиболее эффективным, экологически безопасным и экономически выгодным средством повышения урожайности и качества продукции, устойчивости к различным стрессовым факторам, таким как засуха, болезни, вредители, (Вавилов, 1967; Сурин, 1980; Аниськов, Поползухин, 2010; Seccarelli, Grando, 1991; Arshadi et. al., 2018). В настоящее время актуальными задачами селекции ячменя в Средней Сибири является создание скороспелых, приспособленных к местным условиям, урожайных и высококачественных сортов для различных почвенно-климатических зон региона.

**Степень разработанности темы.** Вопросами селекции ячменя и разработке ее теоретических основ занимались в разные годы отечественные и зарубежные ученые: Вавилов Н.И., Гаркавый П.Ф., Федулова Н.М., Аниськов Н.И., Бахарев А.В., Гриб С.И., Заушинцена А.В., Зобова Н.В., Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Трофимовская А.Я., Логинов Ю.П., Фомина М.Н., Щенникова И.Н., Николаев П.Н., Юсова О.А., Мусалитин Г.М., Борадулина В.А., Пакуль В.Н., Прядун Ю.П., Шевченко С.Н., Неттевич Э.Д., Родина Н.А., Грязнов А.А., Briggs D.E., Gustafsson A., Leke J. и другие. Несмотря на то, что потенциал урожайности культуры возрос в несколько раз, необходимо дальнейшее совершенствование сортов путем повышения продуктивности, отзывчивости на элементы интенсификации, снижения уязвимости против неблагоприятных экологических факторов.

**Цель исследований** – создание нового исходного материала и сортов ярового ячменя с комплексом хозяйственно-ценных признаков по основным направлениям селекции для условий Средней Сибири.

**Задачи исследований:**

- оценить образцы ярового ячменя из коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения и сибирского генофонда по комплексу хозяйственно-ценных признаков, выявить наиболее перспективные из них для селекции;
- предложить модели двурядных и шестирядных сортов ярового ячменя для различных почвенно-климатических зон Средней Сибири;
- установить влияние элементов структуры урожая на формирование продуктивности и выявить из них приоритетные для селекции;
- изучить наследование важнейших селекционных признаков и выявить надежные доноры для создания новых сортов ярового ячменя;
- провести лабораторную оценку исходного материала ярового ячменя на устойчивость к наиболее распространенным стрессовым факторам;
- по результатам конкурсного сортоиспытания выделить перспективный селекционный материал на основе адаптивных критериев;
- создать новые высокопродуктивные сорта с полезными признаками и свойствами, обладающие повышенной адаптивностью, урожайностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам.

**Научная новизна.** В условиях Средней Сибири проведена комплексная оценка новых ранее не изученных образцов из коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения по хозяйственно-ценным признакам и параметрам адаптивности и селекционной ценности генотипа, что позволило выявить и использовать в гибридизации ценный исходный материал со стабильной продуктивностью. С его участием получены новые гибридные популяции и перспективные линии для решения актуальных проблем в селекции культуры.

В результате исследований созданы высокопродуктивные сорта ярового ячменя с новыми полезными признаками и свойствами по различным направлениям селекции, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ и предложенные для возделывания в различных почвенно-климатических зонах Восточно-Сибирского (11) региона. Впервые создан скороспелый сорт ячменя с гладкими остями и двурядным колосом, который передан на Государственное сортоиспытание.

**Теоретическая и практическая значимость.** Применение критериев адаптивности для комплексной оценки сортов и селекционных линий в конкурсном сортоиспытании в различные по условиям годы позволило выявить перспективный селекционный материал с повышенными адаптивными свойствами в экстремальных условиях Средней Сибири. Результатом такой оценки послужила выявленная перспективность двух сортов ярового ячменя, занесенных в Госреестр селекционных достижений по 11 региону – Емеля (с 2018 г.) и Такмак (с 2019 г.). Сорт ярового ячменя Такмак в 2020-2023 гг

включительно возделывался в УСХП «Минино» и ОПХ «Курагинское» Красноярского края.

Выделенные ценные образцы с комплексом адаптивных и продуктивных свойств рекомендованы в качестве источников для гибридизации в селекционных программах. С помощью выделенных источников по хозяйственно-ценным признакам создано 380 гибридов ярового ячменя для решения региональных проблем в селекции на повышение скороспелости, адаптивности, продуктивности, устойчивости к полеганию, болезням, качества зерна. Включение в скрещивания образцов ярового ячменя разного эколого-географического происхождения и доноров позволило создать новый селекционный материал с более высокими параметрами урожайности и элементами ее структуры, и наибольшей приспособленностью к местным условиям. Изученные закономерности формирования элементов структуры урожая, имеющие наиболее тесную сопряженность с адаптивным потенциалом сортов ярового ячменя в контрастных условиях выращивания, использованы при отборе из гибридных популяций. По результатам оценки на ОКС и СКС выделены эффективные доноры для улучшения количественных признаков: Нутанс 302 (Самарская обл.); Буян (Красноярский НИИСХ); Калита (Челябинская обл.).

**Методология и методы исследований.** Методологической основой диссертационной работы является анализ научной отечественной и зарубежной литературы, достижений селекции. В работе применялись общепринятые теоретические, лабораторно-полевые и статистические методы исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Доноры по комплексу хозяйственно-ценных признаков: продуктивное кущение, озерненность колоса и масса 1000 зерен: Нутанс 302, Буян, Калита и источники (50 образцов) из мировой коллекции ВИР для использования в селекции ярового ячменя;

2. Перспективные селекционные линии ярового ячменя: Д-7-7057, Д-8-7072, Ж-52-7637, созданные по программе адаптивной селекции, способные формировать повышенную и стабильную урожайность в неблагоприятных условиях;

3. Сорта ярового ячменя: Оленек, с комплексной выносливостью к влиянию засухи, низкой температуры, кислых почв; Емеля с устойчивостью к пониканию колоса за счет гибкости под колосового стержня при формировании большей зеленой массы, сухого вещества и облиственности растений для возделывания на зерно и зеленую массу; Оплот, отличающийся от ранее созданных генотипов разновидностью медикум, повышенной массой 1000 зерен и ювенильной устойчивостью к темно-бурой листовой пятнистости.

**Личное участие автора.** Диссертация является результатом исследований автора, проведенных в 2006 – 2022 гг. Автором лично: разработана программа по полным диаллельным скрещиваниям (ДИАС) с подбором родительских форм для изучения наследования основных селекционных признаков и выявления эффективных доноров в селекции; проведен анализ научной литературы по соответствующей тематике, сбор первичных данных, их

математическая обработка, патентный поиск, закладка полевых и лабораторных опытов; осуществлен анализ и обобщение полученных результатов; подготовлена рукопись диссертации, сформулировано заключение и защищаемые положения; подготовлены и опубликованы статьи в журналах и сборниках трудов.

В соавторстве с Суриным Н. А., Ляховой Н. Е., получены результаты оценки селекционного материала, образцов коллекции ВИР и сибирского генофонда ярового ячменя по адаптивности, продуктивности и качеству зерна; в соавторстве с Липшиным А. Г. получены результаты комплексной оценки на продуктивность и стабильность селекционного материала, образцов мировой коллекции ВИР, базовых линий ячменя сибирского генофонда; в соавторстве с Полонским В. И. получены результаты по биохимическим показателям качества зерна и их сопряженности с параметрами продуктивности; в соавторстве с Суминой А. В. получены данные агроэкологической оценки базовых линий ячменя сибирского генофонда, биохимической оценки и крупности зерна в различных условиях выращивания, проведена статистическая обработка результатов по адаптивности образцов ячменя в условиях Красноярской лесостепи; в соавторстве с Количенко А. А. получены результаты испытания гладкоостого шестирядного сорта Емеля и данные по крупности зерна сортов ячменя с различных сортоучастков Красноярского края, Республик Хакасия и Тыва; в соавторстве с Нешумаевой Н. А., Козулиной Н. С., Василенко А. В. получены данные оценки ячменя на устойчивость к болезням в полевых и лабораторных условиях; в соавторстве с Поповой Н. М. проведена лабораторная оценка исходного материала ячменя на устойчивость к засухе и к низкой температуре; в соавторстве с Зобовой Н. В. получены результаты агроэкологической оценки сортов и образцов ячменя коллекции ВИР по комплексу хозяйственно-ценных признаков и полиморфизму гордеинов; в соавторстве с Тихомировым А. А., Ушаковой С. А., Величко В. В., Шиховым В. Н., Шклавцовой Е. С., Павловой А. М., Голубевым С. С., Плехановой Л. В., Хижняком С. В., Грибовской И. В. получены данные о пигментном составе побегов и листьев сортов ячменя и его сопряженности с параметрами фотосинтеза.

Сорт ярового ячменя Буян получен в соавторстве с Ляховой Н. Е., Ратушняк В. Д., Суриным Н. А. Сорт ярового ячменя Оленек получен в соавторстве с Ляховой Н. Е., Поповой Н. М., Ратушняк В. Д., Суриным Н. А. Сорт ярового ячменя Емеля получен в соавторстве с Ковригиной Л. Н., Липшиным А. Г., Ляховой Н. Е., Поповой Н. М., Суриным Н. А. Сорт ярового ячменя Такмак получен в соавторстве с Липшиным А. Г., Ляховой Н. Е., Суриным Н. А.

**Степень достоверности и апробация работы.** Достоверность результатов, выводов и рекомендаций подтверждена большим объемом полученных многолетних экспериментальных данных в контрастные по погодным условиям годы; статистической обработкой и использованием общепринятых методов дисперсионного, вариационного, регрессионного и корреляционного анализов. Закладка селекционных питомников и проведение

наблюдений осуществлено согласно Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса и Методике государственного сортоиспытания зерновых культур.

Полученные результаты внедрены в селекционный процесс лаборатории селекции серых хлебов КрасНИИСХ. Созданные сорта ярового ячменя возделываются в Красноярском крае.

Основные положения диссертации доложены на 9 различных международных и всероссийских научно-практических конференциях.

**Публикации результатов исследований.** Основные положения диссертации опубликованы в 42 научных работах, в том числе 16 в изданиях, включенных в перечень рецензируемых изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией, и двух монографиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 304 страницах, включает введение, девять глав, заключение и рекомендации для селекции и производства, библиографический список из 569 источников, в том числе 143 на иностранном языке, 38 приложений, 72 таблицы, 27 рисунков.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность научному консультанту, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, академику РАН Сурину Николаю Александровичу за большую помощь в подготовке работы. Автор благодарен старшему научному сотруднику, Заслуженному агроному России Ляховой Надежде Евгеньевне за помощь в проведении исследований и анализе полученных результатов. Также искренне признателен сотрудникам лаборатории селекции серых хлебов и других смежных подразделений Красноярского НИИСХ, доктору биологических наук, профессору Александре Васильевне Заушинценой за ценные указания по гибридизации.

## **ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ В СРЕДНЕЙ СИБИРИ (ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ)**

В обзоре научной литературы рассматриваются вопросы влияния неблагоприятных факторов, сдерживающие получение высокого и стабильного урожая важнейшей зернофуражной культуры – ячменя в Среднесибирском регионе. Комплекс абиотических и биотических факторов обуславливает такие направления в селекции как: скороспелость, засухоустойчивость, увеличение продуктивности и адаптивности, повышение толерантности к наиболее опасным болезням и вредителям, улучшение качества зерна. Приведены методы оценки ячменя на устойчивость к различным неблагоприятным факторам в полевых и лабораторных условиях, прямые и косвенные методы оценки качества зерна для селекционной практики. Показана роль исходного материала как биологического фундамента в селекции ячменя для дальнейшего увеличения урожайности, совершенствования адаптивного потенциала и кормовых достоинств ячменя.

## ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Объекты исследований.** С 2006 по 2022 гг. было изучено 210 тыс. сортов, образцов коллекции ВИР и различных научных учреждений Сибири, селекционных линий и гибридов ярового ячменя Красноярского НИИСХ. Создано 387 гибридных комбинаций.

Полная схема селекционного процесса ячменя: питомник исходного материала; питомник гибридизации; гибридный питомник 100... 120 комбинаций; селекционный питомник первого года (СП I) 10000... 15000 линий; селекционный питомник второго года (СП II) 500... 800 линий; контрольный питомник (КП); предварительное сортоиспытание (ПСИ); конкурсное сортоиспытание (КСИ) не менее 3-х лет; экологическое сортоиспытание (ЭСИ); селекционное размножение перспективных номеров. В качестве стандартов использованы сорта: Красноярский 80 (до 2009 г.), Ача (с 2010 г.), Такмак (с 2022 г.). Для шестирядных сортов и селекционных линий стандартом являлся сорт Соболек.

**Агроэкологическая характеристика места проведения опытов.** Экспериментальная часть работы выполнена в течение 2006-2022 гг. преимущественно на стационаре Менино, расположенного в Красноярской открытой лесостепи. В 2010 г. совместно с А.Г. Липшиным и А.В. Суминой проведена оценка экологической пластичности и стабильности 19 образцов сибирского генофонда одновременно в трех контрастных экологических пунктах: в лесостепной зоне (стационар Менино), двух засушливых степных районах (п. Бея и п. Белый яр) Республики Хакасия.

Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными, что позволило более объективно изучить селекционный материал. Для периода вегетации с мая по август стационара Менино характерны разнообразные гидротермические условия, которые свойственны другим земледельческим зонам Средней Сибири. С учетом гидротермического коэффициента за все годы исследований 5 лет (2009, 2011, 2013, 2014 и 2020 гг.) отличались избыточным увлажнением (ГТК=1,62... 2,11), 7 лет (2006, 2007, 2010, 2016, 2017, 2021 и 2022 гг.) характеризовались достаточным увлажнением (ГТК=1,04... 1,51), 4 года (2008, 2012, 2015 2019 гг.) были недостаточно влажными (ГТК=0,78... 0,99), и только один год (2018 г.) оказался самым неблагоприятным с засушливыми условиями (ГТК=0,73). В 2009, 2013, 2014 и 2020 гг. условия вегетационного периода (май-август) способствовали формированию неплохого урожая, но обильные осадки в фазу налива и созревания зерна (июль-август) привели к сильному полеганию. В целом оптимальные условия для роста и развития растений сложились в 2006, 2007, 2010, 2016, 2017 и 2021 гг., когда режим увлажнения находился в пределах среднепогодных значений.

Почва опытного участка стационара Менино представлена черноземом обыкновенным маломощным, который характеризуется достаточным содержанием основных элементов питания. Содержание гумуса (по Тюрину) в почве в зависимости от года и расположения полей варьировало от низкого (3,8 %) до высокого (9,4 %). Количество нитратного азота  $N-NO_3$  изменялось



значительно - от очень низкого (3,6 мг/ кг почвы) до очень высокого (44,0 мг/кг почвы). Следует отметить, что в 2021 г. наблюдалось низкое содержание нитратного азота в период вегетации растений, которое отрицательно сказалось на продуктивности ячменя. Содержание фосфора по Чирикову – от низкого до повышенного (11,7... 24,0 мг/100 г почвы), калия по Чирикову – от повышенного до высокого (11,0... 19,0 мг/ 100 г почвы).  $pH_{\text{водн.}}$  почвенного раствора близка к нейтральной – 6,2... 6,9.

Агрометеорологические условия 2010 г. в трех пунктах проведения опытов различались по обеспеченности осадками и режимам среднесуточных температур. Наиболее благоприятный режим увлажнения сложился в красноярской лесостепи (Минино) – ГТК=1,18. При этом условия для формирования урожая в степных районах Хакасии (п. Бея) были самыми неблагоприятными. Промежуточными условиями по ГТК характеризовался пункт Белый яр.

Почва опытного участка в п. Белый яр (открытая степь) представлена обыкновенным черноземом с низким содержанием гумуса – 2,6 %, с  $pH$  близкой к нейтральной – 7,1. Почва в п. Бея (степь) – обыкновенный чернозем с низким содержанием гумуса – 3,8 %, с  $pH$  близкой к слабощелочной – 7,3.

**Методы исследований.** Полевые наблюдения, учеты и оценки проводили по общепринятым методикам: Методика ВИР по изучению коллекции ячменя и овса (Лоскутов и др., 2012); Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum vulgare* L. (1983); Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Головачев, Кириловская, 1989).

Анализы почвы и посевных качеств семян проводили согласно ГОСТам: ГОСТ 28268-89. Определение влажности почвы; ГОСТ 26423-85. Определение  $pH$  водной вытяжки; ГОСТ 26951-86. Определение нитратного азота ионометрическим методом; ГОСТ 26204-91. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26213-91. Определение содержания гумуса по методу Тюринна в модификации ЦИНАО; ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян; ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести; ГОСТ 12037–66. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты; ГОСТ 12041–66. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности.

Степень влагообеспеченности определяли по общепринятой формуле гидротермического коэффициента Селянинова (Мирошниченко и др., 2016).

Для определения адаптивного потенциала ярового ячменя были рассчитаны показатели: варьирование признака ( $C_v$ , %) по Б.А. Доспехову (2012); коэффициент регрессии генотипа на среду ( $b_i$ ) и стабильность ( $\sigma^2 d$ ) – по S.A. Eberhart и W.A. Russel (1966); коэффициент адаптации – по Г.В. Козубовской с соавторами (2017); экологическая стабильность ( $St^2$ ) – по Н.А. Соболеву (1980); общая ( $OAC_i$ ), специфическая адаптивная способность ( $CAC_i$ ), относительная стабильность ( $Sg_i$ ) и селекционная ценность генотипа ( $CCG_i$ ) – по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой (1989).

В гибридологических исследованиях использован метод полного диаллельного анализа по схеме 4×4 с применением принудительного опыления. В качестве родительских форм использовали по 2 сорта двурядного ярового ячменя с минимальными и максимальными проявлениями признака. Площадь питания растений 2×20 см. Гибриды F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> высевали вручную рядками длиной 1,0 и 1,5 м (площадь делянки 0,2 и 0,3 м<sup>2</sup>). Повторность трехкратная. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки 25...27 мая. Параметры гипотетического, истинного гетерозиса и степени фенотипического доминирования рассчитывали по Д.С. Омарову (1975). Оценку эффектов и вариантов ОКС и СКС – по методике Б. Гриффинга (Griffing, 1956). Математическая обработка полученных результатов осуществлена на основе программы ДИАС (Алейников и др., 2011).

Изучение устойчивости ярового ячменя к темно-бурой пятнистости на естественном фоне определяли по шкале качественного учета (Fetch, Steffenson, 1999). Оценку на устойчивость к вредителям проводили по методике ВИР (Лоскутов и др., 2012).

Скрининг образцов ярового ячменя по кислотоустойчивости в лабораторных условиях проводили методом «процент вставания корней в тестирующую жидкость» (ПВ), предложенного Е.М. Лисицыным (2003).

Содержание белка в зерне определяли по методу Къельдаля в лаборатории технологической оценки зерна КрасНИИСХ. Концентрацию β-глюканов – на автоматическом зерновом анализаторе Infratec Analyzer 1241 (Munck et al., 2004). Повторность определения каждого показателя двукратная. Натуру зерна – с помощью микрометода (Walker, Panozzo, 2011).

Статистическую обработку полученных данных с целью выявления существенных различий проводили различными математическими методами с применением программ Excel, Statistica 10.0 (Хижняк, Пучкова, 2019), Snedecor (Сорокин, 2004).

### **ГЛАВА 3 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СЕЛЕКЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЯЧМЕНЯ**

**Характеристика коллекционного материала ячменя по важнейшим селекционным признакам в условиях Средней Сибири.** Для изучения образцов коллекции ВИР в 2013 г. предварительно проведен посев с целью выравнивания посевных качеств и для получения необходимо количества семян местной репродукции. В результате была сформирована коллекция из 238 образцов, отнесенная к 11 эколого-географическим группам, среди которых наибольшее число образцов было представлено Северо-Европейской (18,5 %), Западно-Европейской (18,1 %) и Российско-Европейской (14,7 %) группами. По итогам оценки в 2014-2017 гг. из обширного набора коллекции была выделена лишь небольшая часть образцов (менее 1,0 %) по отдельным показателям и комплексу хозяйственно-ценных признаков.

**Продолжительность вегетационного периода.** По продолжительности вегетационного периода изучаемые образцы имели колебания от 61 до 84 дня. В селекции на скороспелость (64... 68 дней) особую ценность представляют

шестирядные образцы Jackson, BVP-2D-1, AC Albright, AC Stasey (Канада); Voll, Ловиса, Sjak (Скандинавия); Тарский 3 (Омская обл.), Казьминский (Хабаровский край) и двурядный сорт Vancuti korai (Венгрия), при средней продолжительности вегетационного периода стандартов Ача – 72 и Соболек – 68 дней.

**Высота растений и устойчивость к полеганию.** В соответствии с классификатором СЭВ подавляющая часть образцов отнесена к низкорослым (61-70 см.) – 53,4 % и средне-низким (71-80 см.) – 34,8 % группам с наименьшим количеством образцов в среднерослой группе – 4,2 %. По итогам полевой оценки выделено 10 образцов ячменя с высокой устойчивостью к полеганию (8,5... 9,0 баллов) в сочетании с повышенной урожайностью – 590... 705 г/м<sup>2</sup>, для использования в практической селекции на закрепление этого признака. К ним относятся зарубежные шестирядные образцы Codac, Etienne, Diamond, AC Albright (Канада), Vaughn С.І. 11367 (США), двурядные отечественные сорта – Багрец (Свердловская обл.), Убаган (Челябинская обл.), Талан, Танай (Новосибирская обл.) и Абалак (Красноярский кр., Тюменская обл.). Высокая устойчивость к полеганию указанных образцов подтвердилась в 2020 г. на провокационном фоне с внесением в почву повышенной дозы азота (N<sub>120</sub>).

**Число всходов, сохранность растений к уборке.** Изучение коллекции показало, что двурядные – Mojar (Норвегия), Vesanto (Швеция), M 1913/88 (Чехословакия), Defra (Германия), и шестирядные образцы Chevron С.І. 1111 (США), AC Albright (Канада), Druvis (Латвия) формировали оптимальное число всходов (в среднем 599 шт./м<sup>2</sup>).

Наиболее оптимальное число растений к уборке (в среднем 550 шт./м<sup>2</sup>) отмечено среди шестирядных ячменей у сорта Lotun (Норвегия), Червонец (Иркутская обл.) и Тарский 3 (Омская обл.).

Сохранность растений к уборке на единицу площади в среднем по коллекции составило 88,2 %. Среди двурядных ячменей преимущество (96,0... 98,8 %) показали образцы: Xanadu (Германия), Klinta (Латвия), Гармония (Украина), Илек 1 (Казахстан), Багрец (Свердловская обл.), Талан (Новосибирская обл.) и другие.

**Количество продуктивных колосьев.** По данному показателю (856... 1150 шт./м<sup>2</sup>) выделены двурядные образцы Rupal, Mojar (Скандинавские страны), M 1913/88 (Чехословакия), Malva (Латвия), Нутанс 302 (Самарская обл.), Талан (Новосибирская обл.), достоверно превысившие стандарт Ача на 56... 350 продуктивных колосьев при НСР<sub>05</sub>=54 шт./м<sup>2</sup>. Повышенным и одновременно стабильным формированием признака характеризуются Weibulls rike (Швеция) и Оренбургский 17 (Оренбургская обл.).

**Продуктивная кустистость.** Продуктивная кустистость образцов коллекции варьировала от 1,1 до 2,5 продуктивных стеблей на одно растение. У стандарта Ача показатель составил 1,7 и у сорта Соболек – 1,2 шт. продуктивных стеблей на растение. В целом для селекции на повышение продуктивного кущения (2,0... 2,5 шт.) у двурядных ячменей перспективны

CDC McGuire (Канада), Нутанс 302 (Самарская обл.), из шестирядных ячменей (1,4 шт.) – Leduc, AC Albright (Канада) и Hazen (США).

**Длина колоса и его озерненность.** Наибольшую длину колоса (9,1... 9,4 см.) среди двурядных образцов сформировали – Formula (Швеция), Феникс (Украина), среди шестирядных (9,3... 9,6 см.) – Северянин (Ленинградская обл.) и голозерный сорт Нудум 95 (Челябинская обл.).

Повышенной озерненностью колоса среди двурядных ячменей (22,0... 23,5 шт.), по сравнению со стандартным сортом Ача, характеризуются Kinnap (Швеция), Козак (Украина), Владимир (Московская обл.), Салаир (Алтайский край) и голозерный сорт CDC McGuire (Канада). Среди шестирядных ячменей преимущество перед стандартом Соболек (40,4 шт.) по этому показателю (42,5... 44,6 шт.) отмечено у образцов Jackson (Канада), Noble (США) и Тарский 3 (Омская обл.).

**Масса 1000 зерен.** Выделена группа из 11 образцов ячменя, которые сформировали достоверно высокую и стабильную массу 1000 зерен. К их числу относятся среди двурядных – Ястреб (Самарская обл.), Первоцелинник, Натали (Оренбургская обл.), Багрец и Калита (Свердловская обл.) с показателем 49,9... 56,9 г. Среди шестирядных можно отметить Северо-Американские образцы Kindred, Hazen (США), Diamond, Leduc (Канада) с массой 1000 зерен 40,9... 44,2 г.

**Масса зерна с одного растения.** Достоверно высокую массу зерна с растения (1,48... 2,01 г) показали как двурядные образцы Багрец, Калита (Свердловская обл.), Талан (Новосибирская обл.), Салаир (Алтайский край), так и шестирядные – Hazen (США), Колчан (Алтайский край), Казьминский (Хабаровский край). В тоже время двурядные образцы BingoCarlsberg (Дания), Степан (Челябинская обл.), и шестирядные – Diamond, Leduc (Канада) отличались не только повышенным, но и более стабильным показателем ( $Cv=11,1... 18,5\%$ ).

**Коэффициент хозяйственной эффективности.** Коэффициент хозяйственной эффективности или уборочный индекс варьировал от 35,2 до 55,4 %, при среднем значении по коллекции – 46,1 %. Наибольшее значение отмечено у двурядных ячменей из Западной Сибири – Талан (Новосибирская обл.), Сибирский авангард (Омская обл.) и у шестирядных образцов из Северной Америки – Hazen, Codac, Etienne, Loyolla, Diamond, Leduc, Jackson, BVP-2D-1, AC Albright, AC Stacey; Финляндии – Ловиса; Хабаровского края – Казьминский.

**Устойчивость образцов ячменя к наиболее распространенным болезням и вредителям.** Одним из факторов, ограничивающих получение высоких урожаев зерновых культур, является поражение растений вредителями и болезнями. Принято считать, что за счет биотического стресса ежегодно теряется около 30 % мирового урожая сельскохозяйственных культур (Шулепова, 2017; Плотникова и др., 2020; Fetch et al., 2008).

При изучении исходного материала ячменя в полевых условиях в отдельные годы отмечена вспышка листовых грибных болезней. Доля устойчивых образцов (тип реакции – R) к поражению ячменя возбудителем

темно-бурой пятнистости (*Drechslera sorokiniana*) составила от 7 % (в 2020 г.) до 27 % (в 2018 г.). Наибольшей устойчивостью (7 баллов, тип реакции – R) характеризуются отдельные образцы из Канады – Condor, AC Albright; Украины – Мыть и Симфония.

В процессе изучения коллекции не обнаружены высокоустойчивые образцы (до 1 балла) к возбудителю полосатой пятнистости ячменя (*Pyrenophora graminea* Ito&Kuribayashi). Тем не менее, в среднем за три года относительно меньшее поражение (устойчивость 2...3 балла) отмечено у некоторых образцов зарубежной – NS GL 1 (Югославия), Феникс (Украина), Илек 16 (Казахстан) и отечественной селекции – Убаган (Челябинская обл.).

В полевых условиях наиболее сильное повреждение растений ячменя полосатой хлебной блошкой (*Phyllotreta vittula* Redt.) отмечено в 2019 г. В целом за 2018-2020 гг. наиболее устойчивым к повреждению вредителем (5...9 баллов) оказался высокопродуктивный сорт Абалак.

**Урожайность зерна.** Интегрированным показателем продуктивности сорта является урожайность. Важно, чтобы при увеличении продуктивности одновременно снижалась ее зависимость от различных отрицательных стрессов (Наумова, 2021; Al-Tabal, Al-Fraihat, 2012).

В условиях лесостепи Средней Сибири средняя урожайность изучаемых образцов варьировала от 221 до 705 г/м<sup>2</sup>. В соответствии с урожаем, приведенным к стандартному сорту Ача (100%) все образцы ярового ячменя были разделены на восемь групп. Преобладающая часть образцов характеризовалась низкой (75,1... 85,0%) и от низкой к средней (85,1... 95,0%) урожайностью по отношению к стандарту. Доля этих образцов составила – 23,1 %.

Наибольший практический интерес представляют 11 высокопродуктивных образцов зарубежного и отечественного происхождения с максимальной урожайностью 590... 705 г/м<sup>2</sup> и прибавкой к стандарту Ача +9,0... 30,3%: Абалак, Vaughn C.I. 11367, Kindred, Codac, Etienne, Diamond, ACAlbright, Убаган, Багрец, Талан и Танай (таблица 1).

Расчет линейной корреляции и на ее основе – коэффициента детерминации, показывает, что у двурядных образцов коллекции среднее влияние на урожайность оказывали: число растений перед уборкой, количество продуктивных колосьев, коэффициент хозяйственной эффективности, число всходов, устойчивость к полеганию (R= 9,2... 31,1 %), при слабой взаимосвязи с продуктивным кушением (R= 7,3 %).

При этом у шестирядных образцов среднее влияние на урожайность оказывали: количество продуктивных колосьев, число растений перед уборкой, число всходов, длина колоса, высота растений, продуктивное кушение (R= 9,1... 28,6 %), слабое – масса зерна с растения и устойчивость к полеганию (R= 4,8...6,5 %). Как правило, у голозерных сортов урожай зерна формировался преимущественно за счет количества продуктивных колосьев, числа всходов и числа растений перед уборкой (R= 76,2... 83,7 %), при несколько меньшем влиянии коэффициента хозяйственной эффективности, числа зерен в главном

колосе, продуктивного кущения, устойчивости к полеганию и продолжительности периода вегетации ( $R=20,9...46,6\%$ ).

Таблица 1. Образцы мировой коллекции ярового ячменя, выделенные по урожайности зерна, 2014-2017 гг.

№ каталога ВИР	Название	Разновидность	Происхождение	Урожайность, г/м <sup>2</sup>		
				$\bar{x}$	lim	Cv, %
30243	Ача – стандарт	nutans	Новосиб. обл.	541	427...713	22,4
30988	Багрец	«-«	Свердловская обл.	630	384...869	31,8
30776	Убаган	medicum	Челябинская обл.	626	450...925	35,9
46502	Талан	«-«	Новосиб. обл.	705	552...1020	30,7
-	Танай	«-«	«-«	625	292...1095	54,2
-	Абалак	«-«	Красноярский кр., Тюменская обл.	601	549...722	13,5
30245	Соболек – стандарт	rikotense	Краснояр. край	470	305...632	30,8
30874	Codac	pallidum	Канада	597	369...722	37,1
30875	Etienne	rikotense	«-«	689	445...940	32,2
29192	Diamond	«-«	«-«	590	431...815	27,7
30599	AC Albright	pallidum	«-«	638	422...794	24,5
17835	Vaughn C.I. 11367	rikotense	США	593	350...767	34,4
18048	Kindred	pallidum	«-«	640	384...987	43,7
НСР <sub>05</sub>				48		

**Основные показатели качества зерна. Содержание белка в зерне.** Высокий показатель выявлен у образцов 18/7 (Дагестан) – 14,73 %, Золотник (Алтайский край) – 14,42 %, Cirstin (Германия) – 14,07 %, NS GL 1 (Югославия) – 15,30 %, Нудум 95 (Челябинская обл.) – 15,88 % (стандарт Ача – 13,00 %).

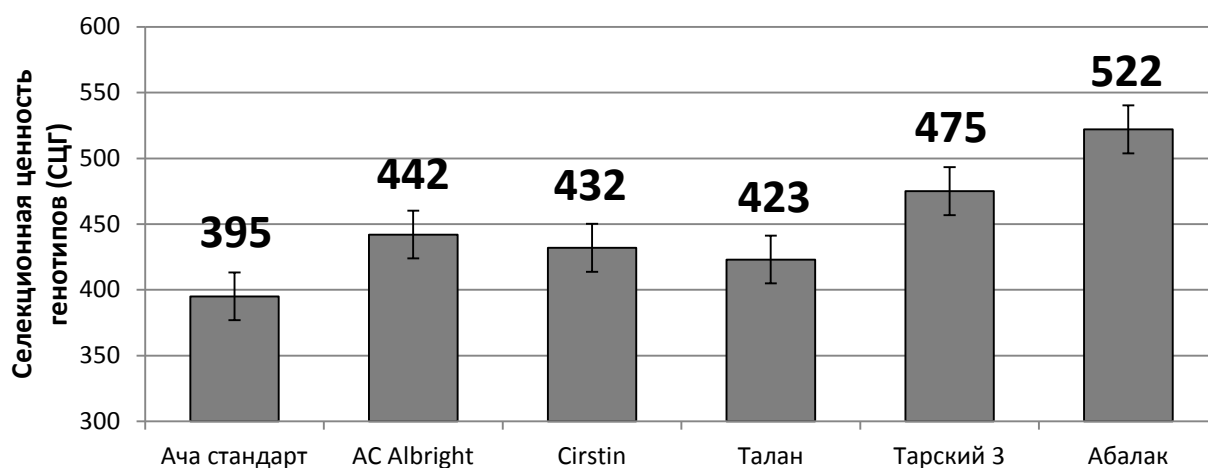
**Валовый сбор белка с единицы площади.** Наибольшую ценность в селекции на повышение валового сбора белка 68,3...89,1 г/м<sup>2</sup> представляют сорта: Челябинец 2, Убаган (Челябинская обл.); Талан, Танай, Биом (Новосибирская обл.); Codac, Etienne (Канада) и Колчан (Алтайский край).

**Натура зерна.** Повышенным значением (668... 857 г/л) характеризовались сорта: Омский голозерный 1 (Омская обл.), AC Albright (Канада), Ловиса (Финляндия), Sjak (Швеция), Танай (Новосибирская обл.).

**Содержание  $\beta$ -глюканов в зерне.** Среди важных химических веществ, входящих в состав зерна, следует отметить наличие специфических полисахаридов, так называемых  $\beta$ -глюканов, которые, как известно, способны оказывать профилактическое и лечебное воздействие на организм человека (Storsley et al., 2003; Wood, 2007; Zhu et al., 2016). В 2017-2019 гг. отмечена широкая изменчивость по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне изучаемых образцов ячменя (от 3,18 до 5,21 %). Выявлено незначительное преимущество голозерных образцов по сравнению с пленчатыми (+10,7 %). Стабильно низким уровнем  $\beta$ -глюканов (3,18... 3,56 %) характеризовались сорта красноярской – Маяк, Емеля и омской селекции – Тарский 3, а также канадский сорт – AC Albright. Наиболее высокий уровень  $\beta$ -глюканов в зерне (5,06... 5,21 %) формировали голозерные сорта – Нудум 155 (Украина) и Нудум 95

(Челябинская обл.). Пленчатые сорта Красноярский 80, Емеля (Красноярский край), Салаир (Алтайский край), и голозерный – Нудум 95 (Челябинская обл.) имели наименьшее варьирование по изучаемому показателю.

**Комплексная оценка исходного материала ячменя по параметрам адаптивной способности и селекционной ценности генотипов.** Наибольшей отзывчивостью на улучшение условий произрастания с высоким коэффициентом экологической пластичности ( $b_i = 1,79 \dots 2,29$ ) обладали образцы Kindred, Heritage (США), Sv. 66905, Kinnan (Швеция), Bingo Carlsberg (Дания), Olbram (Чехия), Феникс, Гармония (Украина), Хаджибей (Белоруссия), Илек 16 (Казахстан). Высокую селекционную ценность (СЦГ<sub>i</sub>) по массе зерна с 1 м<sup>2</sup> в сравнении со стандартом Ача показали сорта Тарский 3, АС Albright, Cirstin, Талан с максимальным значением у сорта Абалак (рисунок). Таким образом, указанная группа образцов является ценным исходным материалом в скрещиваниях с местными сортами на повышение и стабилизацию зерновой продуктивности.



*Рисунок – Сорта ярового ячменя с повышенной селекционной ценностью генотипов по показателю масса зерна с 1 м<sup>2</sup>, 2014-2017 гг.*

Коэффициент адаптации (КА) выше 1,0 во все годы отмечен у 14 высокопродуктивных образцов коллекции (5,9 % от общего числа), которые показали наибольшую приспособленность к различным условиям выращивания. Выделенные высокопродуктивные образцы представлены Северо-Американской, Российско-Европейской, Западно-Сибирской эколого-географическими группами.

В целом за 2014-2020 гг. из 238 образцов мировой коллекции ВИР привлечено для скрещиваний 60 образцов (25 % от общего числа), в том числе с высоким коэффициентом адаптации во все годы изучения – 14 образцов или 5,9 % от общего числа образцов или 23,3 % от числа образцов, включенных в скрещивания. С использованием лучших выделенных образцов по комплексу хозяйственно-ценных признаков в эти годы создано 250 новых гибридных комбинаций.

**Характеристика генетического банка ячменя сибирской селекции по важнейшим хозяйственно-ценным признакам.** Наряду с изучением

генофонда мировой коллекции ярового ячменя, практический интерес представляют сорта и линии сибирской селекции – так называемые «базовые линии», в связи с их наилучшей приспособленностью к местным условиям. Наличие уникальных сортов и образцов ярового ячменя сибирской селекции по выраженности отдельных селекционных признаков представляет собой ценный исходный материал для рекомбинационной селекции в условиях Средней Сибири. В качестве материала исследований служили 175 селекционных образцов ячменя с выраженными генетическими признаками из различных учреждений: Красноярский НИИСХ (43 шт.), Якутский НИИСХ (12 шт.), СибНИИРС (28 шт.), Омский НИИСХ (48 шт.), Тулунская ГСС (10 шт.), Бурятский НИИСХ (8 шт.), Кемеровский НИИСХ (17 шт.), Алтайский НИИСХ (3 шт.), Челябинский НИИСХ (3 шт.) и Институт Северного Зауралья (3 шт.).

В 2008-2010 гг. проведено их изучение по отдельным селекционным признакам и выявлен ценный генетический фонд:

*Скороспелость.* Выделены двурядные образцы с вегетационным периодом 65... 70 дней – Г-18298 (СибНИИРС), Вулкан, К-8-2, КР. 6.1.(15)-10.3 (Красноярский НИИСХ), Наран (Бурятский НИИСХ), А-5552, Г 18619 (СибНИИРС), Омский 96 (Омский НИИСХ), Лука, Кузнецкий (Кемеровский НИИСХ). Из шестирядных образцов – Е-92 (Якутский НИИСХ), Кузнецкий (Кемеровский НИИСХ), Агул 2 (Красноярский НИИСХ) с периодом вегетации 70... 72 дня.

*Устойчивость к полеганию.* Высокой устойчивостью к полеганию (8,0... 9,0 баллов) характеризуется в основном материал новосибирской и красноярской селекции. Повышенная устойчивость к полеганию этих сортов одновременно сочетается с высокой продуктивностью, что повышает эффективность использования указанных источников для дальнейшего селекционного улучшения создаваемых генотипов.

*Продуктивное кущение.* Высоким значением признака (2,5... 3,7 шт.) обладали образцы красноярской, бурятской, омской, иркутской, алтайской и кемеровской селекции.

*Число зерен в колосе.* Наибольшее преимущество показателя (21,0... 23,8 шт.) отмечено у двурядных сортов красноярской, бурятской, омской, кемеровской селекции, среди шестирядных ячменей – у материала красноярской и якутской селекции.

*Масса 1000 зерен.* В селекции на продуктивность уделяется внимание созданию сортов с крупным, выравненным зерном с высокой массой 1000 семян. Наиболее крупным зерном с высоким значением показателя (50,1-53,1 г) – выше стандартного сорта Красноярский 80 на 4,1... 7,1 г, характеризуются сорта и селекционные линии новосибирской, омской, иркутской, алтайской и тюменской селекции

*Урожайность.* Повышение продуктивности сортов является ключевой задачей в селекции. Из общего числа изучаемых образцов 34, или 20,7 %, сформировали урожай более 600 г на 1 м<sup>2</sup> (стандарт Красноярский 80 – 610 г/м<sup>2</sup>). Рекордную урожайность (692... 710 г/м<sup>2</sup>) сформировали сорта и селекционные линии красноярской – Д-3-5862, Л-11-41, Л-11-42;



новосибирской – Г-20696, Г-20730; омской селекции – Медикум 4686. Наиболее стабильным уровнем урожайности отличались образцы красноярской – Буян ( $C_v=17,8\%$ ), Ц-1 ( $C_v=14,2\%$ ) и новосибирской селекции – Г 20696 ( $C_v=16,5\%$ ), Г-20728 ( $C_v=12,2\%$ ), что связано с их приспособленностью к местным условиям.

*Экологическая пластичность и стабильность.* Высокую пластичность, обуславливающую широкую экологическую адаптивность, показали сорт Ача и линия Г 20752 новосибирской селекции, коэффициенты регрессии которых на индексы среды были около 1,0. При этом генотипы Г 19589, Медикум 4771, Омский голозерный 1, Паллидум 4755, Бархатный, Км 564 были отнесены к высокостабильным с самыми низкими коэффициентами регрессии на индексы среды ( $b_i=0,1-0,4$ ). Наиболее высокую отзывчивость на агротехнические условия выращивания ( $b_i=1,5-3,0$ ) показали образцы новосибирской – А-5552, А-5554, Г-18619; омской – Нутанс 4765, Рикотензе 4783; красноярской селекции – Буян, с широкой амплитудой вариации урожая 31,6... 55,0 %.

Таким образом, по результатам оценки на экологическую пластичность и стабильность наибольший практический интерес в селекции на широкую агроэкологическую адаптацию представляют сорт Ача и линия Г 20752; высокую стабильность – сорта и линии новосибирской, омской, тюменской и кемеровской селекции; на интенсивность – линии новосибирской, омской селекции, сорт Буян красноярской селекции.

*Практическая ценность выделенных образцов.* В целом, с привлечением в гибридизацию лучших, по параметрам экологической стабильности и пластичности, «базовых» образцов сибирской селекции получено 180 новых гибридных комбинаций по различным направлениям селекции. Коллективом авторов издан каталог «базовых линий» с указанием основных селекционных признаков, который разослан в научные учреждения Сибири.

#### **ГЛАВА 4 КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ НОВЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

Первая программа селекционной работы в Красноярском НИИСХ с яровым ячменем была разработана в середине 70-х годов и включала период до 1990 года. В ней основное внимание было сосредоточено повышению продуктивности и качеству зерна, устойчивости к полеганию и засухе, комплексному иммунитету к болезням и вредителям.

Вторая программа селекционных работ по ячменю включала этап с 1991 по 2000 годы. В модель сорта, помимо повышения адаптивных свойств, продуктивности, устойчивости к полеганию, болезням и вредителям, включены параметры фотосинтеза.

Третья программа осуществлялась в период 2001-2010 гг. В ней для более объективной оценки исходного и селекционного материала учитывалось применение провокационных фонов для тестирования селекционного материала на устойчивость к полеганию, засухе, болезням. Для каждого сорта, передаваемого на государственное сортоиспытание, разработаны элементы сортовой агротехники.

Таблица 2. Параметры моделей новых сортов ярового ячменя для различных зон Средней Сибири до 2030 года

Признак	Параметры сортов ячменя для зон возделывания					
	шестирядный ячмень			двурядный ячмень		
	базовый сорт Соболек	модельный сорт до 2030 года		базовый сорт Биом	модельный сорт до 2030 года	
		тайга, подтайга	лесостепь		лесостепь	степь
Урожайность, ц/га	42	55-65	72-80	43	70-80	50-60
Ассимиляционная поверхность листьев, тыс м <sup>2</sup> /га	37	47-52	52-57	32	32-37	32-37
Продолжительность вегетационного периода, дней	72	69-72	74-78	75	80-82	82-85
Устойчивость к засухе первой половины лета, балл	8	8	9	7	7-9	7-9
Устойчивость к пыльной головне, балл	8	8-9	8-9	7	7-9	7-9
Устойчивость к темно-бурой пятнистости, балл	8	7-9	7-9	8	7-9	7-9
Устойчивость к повреждениям скрытостебельными вредителями и хлебной полосатой блошкой, балл	7	7-9	7-9	7	7-9	7-9
Стойкость к пониканию колоса, балл	2	5-7	5-7	7	7-8	7-8
Стойкость к ломкости колоса, балл	3	5-7	5-7	9	9	9
Устойчивость к полеганию, балл	8	7-9	7-9	9	9	9
Высота стебля, см.	70	75-85	70-80	60	70-80	55-65
Продуктивная кустистость, шт.	1,0	1,0-1,1	1,1-1,2	1,5	1,4-1,6	1,5-1,7
Число колосьев на 1 м <sup>2</sup> , шт.	390	400-420	450-490	458	500-640	450-470
Число зерен в колосе, шт.	37	45-47	44-48	18	22-24	20-22
Масса 1000 зерен, г	35	38-40	38-40	48	48-50	50-52
Пленчатость, %	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0
Содержание белка в зерне, %	10-11	11-12	13-13,5	13	13-14	14
Содержание лизина в зерне, мг/100 г белка	400	400-500	450-500	480	450-550	550-600
Содержание β-глюканов в зерне, %	3,70	<4,00	<4,00	3,90	>4,50	>4,50
Отзывчивость на высокие дозы минеральных удобрений, %	40	35-40	35-45	30-35	45-50	35-40
Коэффициент хозяйственной эффективности, %	50	50-55	50-55	45	45-50	45-50

В целом стоит отметить, что все эти программы были выполнены. В результате созданы сорта ярового ячменя по различным направлениям селекции: скороспелые, такие как Агул, Агул 2, Енисей, Соболек с гладкими осями; Рассвет с зазубренными осями; двурядные – Кедр, Красноярский 80, Вулкан; голозерный Оскар и адаптивный сорт Бахус.

За последние годы произошла сортосмена базовых сортов, поэтому к новым моделям должны применяться более прогрессивные подходы. Глобальное изменение климата привело к увеличению встречаемости аномальных погодных явлений (Кинчаров, Демина, 2022). В результате чего негативные абиотические факторы (ливни, высокие температуры и засухи) и возросшие нормы применения минеральных удобрений обуславливают более высокие параметры устойчивости к полеганию и отзывчивости на высокий агрофон создаваемых сортов ячменя. Такое изменение климата может продвинуть северную границу земледелия на 100 км, в тоже время в южных районах может усилиться дефицит осадков (Шпедт, Трубников, 2018). Поэтому необходимо создавать скороспелые сорта, устойчивые к кислым почвам для благоприятных по режиму увлажнения северных территорий, и засухоустойчивые сорта, выносливые в перспективе к непредсказуемым новым болезням и вредителям для южных территорий Сибири.

Таким образом, недостатками предыдущих программ является то, что не учитывалось влияние глобального изменения климата и факторов среды, лимитирующих урожайность, слабо использовались параметры фотосинтеза. Поэтому были разработаны модели сортов для различных зон Средней Сибири с указанием научно-обоснованных параметров сортов двурядного и шестирядного ячменя до 2030 года, представленных в таблице 2.

В настоящее время в лаборатории создан селекционный материал, который по своим характеристикам превосходит базовые сорта ярового ячменя двурядного и шестирядного типа.

## **ГЛАВА 5 ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОЖАЙНОСТИ И ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ РАЙОНИРОВАННЫХ СОРТОВ СИБИРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

Проблема изучения взаимосвязи урожая с элементами продуктивности и выбор стратегии отбора в различных условиях окружающей среды является весьма значимой в селекции. Как правило, вскрытие закономерностей между признаками позволяет отбирать формы растений с наилучшими сочетаниями элементов продуктивности для формирования максимального урожая (Сурин, 2011; Волкова, 2016; Мартынова и др., 2019; Vazquez, Sanchez-Monge, 2011; Verstegen et al., 2014).

При изучении вклада элементов в урожайность у двурядных сортов было установлено, что преобладающими из них являются число зерен в колосе и масса 1000 зерен (таблица 3).

Таблица 3. Регрессионный анализ влияния вегетационного периода и отдельных элементов урожайности на продуктивность двурядного ячменя, 2009-2022 гг.

Селекционный признак	b-коэффициент	Std. Err.	p-value
Сорт Кедр			
Количество продуктивных колосьев	0,60	0,18	0,01
Масса зерна с одного растения	0,51	0,18	0,02
Сорт Красноярский 80			
Вегетационный период	-0,16	0,03	0,01
Высота растений	0,32	0,05	0,01
Число растений перед уборкой	-0,55	0,12	0,02
Продуктивное кущение	0,23	0,04	0,01
Длина колоса	0,48	0,09	0,01
Число зерен в колосе	1,10	0,07	0,001
Масса 1000 зерен	0,86	0,06	0,001
Масса зерна с одного растения	-1,34	0,19	0,01
Сорт Бахус			
Вегетационный период	-0,21	0,01	0,004
Высота растений	-0,21	0,04	0,03
Число растений перед уборкой	0,35	0,02	0,004
Продуктивное кущение	0,28	0,04	0,02
Количество продуктивных колосьев	0,34	0,02	0,003
Длина колоса	0,27	0,02	0,007
Число зерен в колосе	0,73	0,04	0,003
Масса 1000 зерен	0,17	0,02	0,01
Масса зерна с одного растения	-0,23	0,05	0,04
Сорт Буян			
Продуктивное кущение	-0,30	0,11	0,03
Число зерен в колосе	0,87	0,12	0,00007
Масса 1000 зерен	0,39	0,11	0,006
Сорт Оленек			
Число зерен в колосе	0,51	0,13	0,004
Масса 1000 зерен	0,73	0,13	0,0004
Сорт Биом			
Число зерен в колосе	0,95	0,14	0,00008
Масса 1000 зерен	0,40	0,14	0,02
Сорт Ача			
Высота растений	0,74	0,11	0,00009
Масса 1000 зерен	0,52	0,11	0,001

У скороспелых шестирядных сортов ранней селекции Агул 2 и Соболек выявлена та же тенденция положительного влияния числа зерен в колосе – 54,91 и 64,80 % соответственно, массы 1000 зерен – 35,20 %, у сорта Агул 2 числа растений перед уборкой – 45,09 %. Как и в случае с двурядными сортами ячменя, число зерен в колосе играет положительную роль в формировании продуктивности, поскольку вследствие слабой кустистости у шестирядных сортов урожай в основном формируется за счет главного колоса (таблица 4).

Таблица 4. Регрессионный анализ влияния отдельных элементов продуктивности на урожайность сортов шестирядного ячменя, 2009-2022 гг.

Селекционный признак	b-коэффициент	Std. Err.	p-value
Сорт Агул 2			
Число растений перед уборкой	0,66	0,24	0,03
Число зерен в колосе	0,80	0,24	0,01
Сорт Соболек			
Число зерен в колосе	0,83	0,15	0,0004
Масса 1000 зерен	0,45	0,15	0,02

Следовательно, ведущими элементами продуктивности при отборе на высокую продуктивность двурядных и шестирядных сортов независимо от условий среды являются число зерен в колосе с относительным вкладом признака от 25,98 до 70,32 % и масса 1000 зерен от 6,10 до 58,62 %. Выявленные признаки компенсируют друг друга.

## ГЛАВА 6 НАСЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯЧМЕНЯ В СИСТЕМЕ ДИАЛЛЕЛЬНЫХ СКРЕЩИВАНИЙ (ДИАС)

Для повышения эффективности создания новых высокопродуктивных сортов ячменя необходимо изучение наследования, поиск и привлечение генетических доноров селекционных признаков продуктивности растения (Сурин, Никитина, 2002; Lamkey, Edwards, 1999). С этой целью проведен генетический анализ по выявлению доноров в системе полных диаллельных скрещиваний по продуктивному кущению, длине и числу зерен в колосе, массе 1000 зерен и продуктивности одного растения

**Продуктивное кущение.** Результаты дисперсионного анализа показали, что на продуктивное кущение наибольшее влияние оказали условия года – 69,54 % от общей изменчивости признака, и в меньшей степени сортовые различия – 12,80 %. Взаимодействие обоих факторов составило 6,23 %.

Наследование продуктивного кущения шло преимущественно по типу положительного сверхдоминирования – 50,0 % комбинаций ( $H_p > 1,00$ ), у 25,0 % комбинаций была отмечена депрессия ( $H_p < -1,00$ ), у 17,0 % – промежуточное наследование ( $H_p = -0,5 \dots +0,5$ ) и у 8,0 % – неполное доминирование признака лучшего родителя ( $H_p = +0,5 \dots +1,00$ ).

Сорт Нутанс 302 характеризуется высокой ОКС по продуктивному кущению в первом и во втором поколениях ( $g_i = 0,5256$  и  $0,2169$ ), следовательно, может служить донором для увеличения изучаемого признака.

**Длина и число зерен в колосе.** Выявлена существенная зависимость числа зерен в колосе от факторов «генотип», «год» и их взаимодействия ( $F_{\text{факт}} > F_{05}$ ). При этом фенотипическое проявление признака в большей степени обуславливается генотипом – 40,53 % от общей изменчивости признака. Влияние «условий года» и взаимодействия «генотип×условия года» составили 11,46 и 17,82 % соответственно. В нашем исследовании формирование длины колоса обусловлено генетической наследственностью и условиями года

практически в равной степени – 29,14 и 26,49 % соответственно, при этом взаимодействие обоих факторов не оказало влияния на указанный признак.

Чаще всего длина колоса наследовалась по типу положительного сверхдоминирования – 41,7 % комбинаций ( $H_p > 1,00$ ), что указывает на контроль признака генами доминантного действия, у 16,7 % наблюдалось промежуточное наследование ( $H_p = -0,5 \dots +0,5$ ), у 33,3 % – неполное доминирование признака лучшего родителя ( $H_p = +0,5 \dots +1,00$ ), и у 8,3 % – депрессия ( $H_p < -1,00$ ).

Наследование числа зерен в колосе шло преимущественно по типу положительного сверхдоминирования – 75,0 % комбинаций ( $H_p > 1,00$ ), у 8,0 % наблюдалось промежуточное наследование ( $H_p = -0,5 \dots +0,5$ ) и у 17,0 % – неполное доминирование признака лучшего родителя ( $H_p = +0,5 \dots +1,00$ ). У гибридов прямого и обратного скрещиваний с участием сортов Dera и Weibull spruke в первом поколении проявилось сверхдоминирование с максимальным показателем истинного гетерозиса – 25,15 и 34,50 % соответственно.

Сорт красноярской селекции Буян (Кедр×Jo 1345) отличается высокой *ОКС* по числу зерен в колосе в обоих поколениях ( $g_i = 0,9937$  и  $1,8417$ ), что говорит о перспективности его использования в линейной селекции для увеличения рассматриваемого признака.

**Масса 1000 зерен.** Результаты дисперсионного анализа показали, что на массу 1000 зерен наибольшее влияние оказали условия года – 40,39 % от общей изменчивости признака, при этом доля влияния генотипа и взаимодействия двух факторов было заметно ниже – 21,13 и 11,95 % соответственно.

Чаще всего масса 1000 зерен наследовалась по типу промежуточного наследования – 41,7 % комбинаций ( $H_p = -0,5 \dots +0,5$ ), у 25,0 % наблюдалось сверхдоминирование или истинный гетерозис ( $H_p > 1,00$ ), у 16,7 % – депрессия ( $H_p < -1,00$ ), у 8,3 % неполное доминирование признака лучшего родителя ( $H_p = +0,5 \dots +1,00$ ), и у 8,3 % – неполное доминирование признака худшего родителя ( $H_p = -0,5 \dots -1,00$ ).

Сорт Калита характеризуется высокой *ОКС* по массе 1000 зерен в обоих поколениях ( $g_i = 2,3354$  и  $1,1188$ ). Таким образом, этот сорт можно использовать в качестве донора для увеличения селекционного признака.

**Масса зерна с растения.** Признак масса зерна с растения в наибольшей степени (26,47 %) определяется генотипом. Далее по степени уменьшения влияния располагаются «год» и взаимодействие факторов «год×генотип», на долю которых приходится 21,97 и 19,89 % соответственно.

В наследовании массы зерна с растения у 41,7 % гибридов преобладало сверхдоминирование или истинный гетерозис ( $H_p > 1,00$ ), что указывает на контроль признака генами доминантного действия, у 16,7 % комбинаций наблюдалось промежуточное наследование ( $H_p = -0,5 \dots +0,5$ ), у 16,7 % – депрессия ( $H_p < -1,00$ ), у 16,7 % – неполное доминирование признака лучшего родителя ( $H_p = +0,5 \dots +1,00$ ), у 8,2 % – неполное доминирование признака худшего родителя ( $H_p = -0,5 \dots -1,00$ ).

В целом сорт Калита характеризуется высокой ОКС в первом поколении и недостоверно низкой во втором ( $g_i=0,2750$  и  $0,0171$ ), поэтому может являться генетическим источником на увеличение признака.

Таким образом, с использованием выделенных генетических источников коллекции ВИР впервые выявлены надежные доноры, в результате чего создан новый материал, который изучается во всех звеньях селекционного процесса.

## **ГЛАВА 7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ СКРИНИНГА В СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ К КИСЛЫМ ПОЧВАМ, ЗАСУХЕ, НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

По мнению большинства исследователей, для отбора селекционного материала большого объема на первоначальном этапе все более широкое распространение получили различные методы скрининга на устойчивость к различным стрессовым факторам (Полонский, Сурин, 2003; Полонский, 2007).

*Скрининг ярового ячменя на кислотоустойчивость* проводили путем проращивания семян в рулонах фильтровальной бумаги с помощью метода «процент вставания корней в тестирующую жидкость». Всего изучалось 17 сортов и линий с разной степенью устойчивости к кислым почвам. При переходе от контрольного (нейтральный раствор  $pH=6,0$ ) к опытному варианту (кислый раствор  $pH=3,5$ ) отмечено достоверное снижение роста самых развитых корней у всех образцов, кроме сорта Оленек, у которого длина развитого корня в контроле и опыте была практически одинаковой. В связи с этим максимальное значение ИДК отмечено у сорта Оленек. Максимальная длина развитого корня в опытном варианте выявлена у образцов Соболек, Вулкан, Л-25-КО, ВС-1, Л-1-КО, Оленек, Винер, КР. 3.7. (7), что связано с их способностью противостоять действию токсичных ионов в зоне корней на ранних стадиях роста растений. Наибольший процент вставания корней (ПВ) показала адаптивная линия У-95-1041. По результатам комплексной оценки с высокими показателями индекса длины корней (1,01) и процента вставания корней в тестирующую жидкость (94,0 %), особый интерес представляет адаптивный сорт Оленек. Подтверждением лабораторной оценки являются его полевые испытания, проведенные на кислой почве по паровому и зерновому предшественникам в 2008-2010 гг., где данный сорт сформировал прибавку урожая 13,5-38,2 % к стандарту.

*Скрининг на устойчивость к засухе и низкой температуре.* В дальнейшем для сравнительной лабораторной оценки по показателям первичной корневой системы на устойчивость к засухе в сочетании с низкой температурой были выбраны три группы образцов ячменя: экологически пластичные сорта ранней селекции, занимавшие значительные площади посева в разные годы, что свидетельствует об их повышенных приспособительных свойствах и послужившие исходным материалом для адаптивных линий, адаптивные селекционные линии и сорта красноярской селекции. Среди представленных образцов часть из них изучалась в лабораторных условиях на устойчивость к действию повышенной кислотности (таблица 5).

Полученные результаты показывают значительную генотипическую вариацию ПВ у первой и второй групп (15,3-18,4 %). При сравнении трех групп сортов не наблюдается увеличение средней длины развитого корня в благоприятных условиях (контроль), однако имеется тенденция к увеличению этого показателя в условиях стресса, вызванного засухой и низкой температурой вместе с индексом длины корней, и вращением корней в тестирующую жидкость, что связано с повышением адаптивных свойств создаваемого селекционного материала за счет усиления роста зародышевых корней. Следует отметить, что сорт Оленек характеризуется высокими значениями длины развитого корня в опыте, показателями ИДК и ПВ. Полученные результаты согласуются с его полевыми испытаниями на Госсортоучастках в 2011-2013 гг. по зерновому предшественнику в южных засушливых районах Красноярского края, Республик Тува и Хакасия, где была показана достоверная прибавка урожая 1,9... 3,0 ц/га к стандарту.

Таблица 5. Физиологическая оценка селекционного материала ярового ячменя в водно-бумажной культуре с имитированием засухи и низкой температуры

Название	Длина развитого корня, мм		Индекс длины корней (ИДК)	Процент вращающихся корней в тестирующую жидкость (ПВ), %
	контроль	засуха+ низкая °t		
1. Экологически пластичные сорта ранней селекции				
Винер, Омский 13709, Красноуфимский 95, Целинный 5	min-max 10,9-12,5	min-max 2,3*- 2,7*	min-max 0,18-0,22	min-max 0,29-0,46
Cv, %	5,8	7,8	9,5	18,4
$\bar{x}$	11,7	2,5*	0,21	0,39
2. Адаптивные селекционные линии красноярской селекции				
Т-136-368, У-27-3593, Э-4-5099, Б-59-6488, В-53-6870, В-43-6836	min-max 10,5-12,4	min-max 2,7*-3,1*	min-max 0,22-0,27	min-max 0,45-0,67
Cv, %	6,6	5,2	7,6	15,3
$\bar{x}$	11,8	2,8 *a	0,24 a	0,57 a
3. Адаптивные сорта красноярской селекции				
Бахус, Оленек, Такмак	min-max 10,5-11,8	min-max 2,8*-3,0*	min-max 0,24-0,28	min-max 0,65-0,69
Cv, %	6,2	3,4	8,1	3,1
$\bar{x}$	11,3	2,9 *аб	0,26 аб	0,67 аб

Примечание \* – отличие от контроля при  $p \leq 0,01$ ; а – отличие от первой группы сортов при  $p \leq 0,01$ ; б – отличие от второй группы сортов при  $p \leq 0,01$



В целом проведенные исследования наглядно подтверждают целесообразность проведения скрининга ярового ячменя с использованием метода «процент вставания корней в тестирующую жидкость» в лабораторных условиях на устойчивость к повышенной кислотности почв, засухе и низкой температуре, что позволит ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность.

## **ГЛАВА 8 РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СОРТА И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ**

Исходя из задач, поставленных при разработке моделей новых высокопродуктивных сортов ярового ячменя для контрастных по условиям регионов Средней Сибири, в селекции реализуются различные направления. Наиболее приоритетными из них являются повышение скороспелости, адаптивности, продуктивности, экологической стабильности, устойчивости к полеганию, улучшение параметров качества зерна.

**Повышение скороспелости.** Одним из приоритетных направлений селекции ярового ячменя в условиях Средней Сибири является повышение скороспелости в сочетании с высокой продуктивностью.

С участием образцов коллекции ВИР, местных высокопродуктивных сортов и скороспелых Вулкан, Биом и Миг 16 созданы перспективные селекционные линии с вегетационным периодом 67... 84 дня, массой 1000 зерен 31,2... 55,4 г, урожайностью до 58,9 ц/га или 118,2 % к стандарту.

Основным итогом в селекции на повышение скороспелости явилось создание перспективного двурядного сорта Оплот, переданного на Государственное сортоиспытание в 2023 году.

**Повышение адаптивности сортов с помощью селекции.** По итогам изучения материала в конкурсном сортоиспытании в 2013-2016 гг. на основе средней урожайности, данных по ее варьированию, экологической стабильности, стрессоустойчивости, общей и специфической комбинационной способности, самой высокой селекционной ценностью обладали сорта Вулкан, Оленек, Абалак; селекционные линии У-27-3593, У-49-3795 и Ф-68-4721. Результаты комплексной оценки позволили подтвердить перспективность двух сортов ячменя – Емеля (занесен в Госреестр селекционных достижений по 11 региону с 2018 г.) и Такмак (включен в Госреестр с 2019 г.). Подтверждением оценки по параметрам адаптивности является широкое распространение сорта Абалак в условиях Западной и Восточной Сибири.

В дальнейшем результаты испытаний с 2013 по 2022 гг. показали, что наибольшую продуктивность (109,8... 147,2 % к стандарту) в неблагоприятных условиях (2013, 2021 гг.) сформировали адаптивные сорта Такмак, Бахус; линии Т-65-3189, У-30-3424, Ц-29-5047, Ф-68-4716, Ф-68-4721, Ф-68-4723, Ц-25-4999, Д-8-7072, Д-7-7040, Д-7-7057, Д-7-7065 (таблица 6).

Достоинством адаптивного селекционного материала является тот факт, что в неблагоприятные годы такие линии выгодно отличаются от стандартных сортов по урожайности, значительно превосходя их по этому показателю.

Таблица 6. Характеристика перспективного адаптивного селекционного материала ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании, 2013-2022 гг.

Год	Название	Происхождение	Вегетационный период, дней	Продуктивная кустистость, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность	
						ц/га	в % к ст-ту
<i>Благоприятные годы (ГТК= 0,96...1,36)</i>							
2015	Ача	стандарт	76	1,6	49,6	53,8	100,0
	Оленек	У-101-1112×Ача	76	1,6	47,5	59,9	111,3
	Такмак	Приазовский×У 20-706	80	1,4	45,9	62,3	115,8
	Э-20-5208	У-20-706×Белгородец	78	1,3	48,1	57,7	107,3
	Ф-68-4721	Оленек×Челябинский 99	79	1,6	43,9	57,4	106,6
	У-27-3593	У-20-706×Асем	72	1,3	48,8	55,9	104,0
	Ц-29-5047	Оскар×У-20-706	71	1,4	56,6	56,5	105,1
НСР <sub>05</sub>			1	0,2	0,7	3,3	
2022	Ача	стандарт	78	1,5	44,0	60,2	100,0
	Такмак	Приазовский 9×У-20-706	84	1,5	42,7	60,1	99,8
	Д-7-7057	Л 11-38×Буян	79	2,1	48,9	64,7	107,5
НСР <sub>05</sub>			1	0,5	0,5	2,4	
<i>Неблагоприятные годы (ГТК= 1,38...1,94)</i>							
2013	Ача	стандарт	86	1,2	37,9	24,4	100,0
	Такмак	Приазовский 9×У-20-706	90	1,2	35,4	29,6	121,3
	Т-65-3189	Ача×Бахус	85	1,2	37,9	26,8	109,8
	У-30-3624	Оскар×У-20-706	89	1,1	37,0	27,4	112,3
	Ц-29-5047	«-«	88	1,1	40,8	28,2	115,6
	Ф-68-4716	Оленек×Челябинский 99	89	1,1	35,7	28,1	115,2
	Ф-68-4721	«-«	89	1,4	37,8	27,0	110,7
	Ф-68-4723	«-«	89	1,2	37,2	29,9	122,5
	Ц-25-4999	Бахус× Омский 90	89	1,6	31,5	27,8	113,9
НСР <sub>05</sub>			1	0,4	0,3	2,3	
2021	Ача	стандарт	69	1,3	36,8	14,2	100,0
	Такмак	Приазовский 9×У-20-706	70	1,3	36,7	20,9	147,2
	Бахус	(Винер×Донецкий650)×(Винер×Красноуфимский 95)	69	1,2	40,1	17,3	121,8
	Ж-52-7637	У-27-3593×Омский 95	70	1,3	37,6	17,8	125,4
	Д-8-7072	Оленек×Г-20696	69	1,4	42,5	18,5	130,3
	Д-7-7040	Л 11-38×Буян	68	1,3	38,1	17,4	122,5
	Д-7-7057	«-«	69	1,2	39,9	17,9	126,0
	Д-7-7065	«-«	68	1,2	39,2	17,4	122,5
	Ж-13-7558	Н-26-926×Л 11-38	70	1,2	36,5	17,0	119,7
НСР <sub>05</sub>			1	0,3	1,1	2,7	

**Селекция на устойчивость к полеганию.** В конкурсном сортоиспытании в условиях обильного выпадения осадков в июле (+38,0... 44,3 мм), августе (+18,0... 92,8 мм) в 2014, 2017 и 2020 гг. на провокационном фоне по комплексу признаков с оптимальной высотой растений и устойчивостью к полеганию наибольший интерес представляют сорта Абалак, Оленек, Биом; линии У-49-3795 (Ача×Жайлау), Б-32-6306 (Миг 16×Золотник), В-56-6885 (Биом×Сибиряк), Б-4-6123 (Вулкан×Каскад); адаптивные селекционные номера Э-76-5695 (Омский 95×Оленек), Б-59-6488 (Оленек×Г 20696), Д-7-7057 (Л-11-38×Буян).

**Повышение качества зерна.** Согласно проведенной оценке в конкурсном сортоиспытании по содержанию белка (12,82... 12,92 %) некоторое преимущество имели сорта Буян, Абалак, селекционный номер Д-5-7022 (Омский 95×Оленек). Высокая масса 1000 зерен (44,0... 47,0 г) отмечена у сортов Биом, Абалак, линии Д-8-7072 (Оленек×Г-20696), при этом у линий В-56-6885 (Биом×Сибиряк) и Д-55-7455 (Абалак×к-22092) она оказала положительное влияние на продуктивность (116,4... 117,8 % к стандарту).

По показателю пленчатости зерна все сорта и линии практически не отличались от стандартного сорта Ача и отнесены к тонкопленчатым. Наилучший показатель (8,42... 8,93 %) отмечен у сортов Буян (Кедр×Ю 1345), Емеля (И.о. Luther×Бархатный) и линии Д-7-7065 (Л-11-38×Буян).

**Селекция на устойчивость к болезням.** По результатам иммунологической оценки в 2019 и 2021 гг. на инфекционном фоне положительным сочетанием продуктивности (428... 435 г/м<sup>2</sup>) и устойчивости к поражению пыльной головней характеризуются сорта сибирской селекции Танай и Абалак. Сорт Омский 96 кроме устойчивости к пыльной головне обладал повышенной массой 1000 зерен и высокой урожайностью.

В конкурсном сортоиспытании в 2019-2021 гг. на искусственном фоне сорта ярового ячменя Буян, Абалак и Оленек наряду со слабой восприимчивостью к пыльной головне, обладали повышенным содержанием белка в зерне (12,82... 12,83 %), благодаря чему могут быть использованы в селекции и для возделывания на кормовые цели.

Проведенная оценка селекционного материала ярового ячменя на повреждение корневыми гнилям позволила выделить толерантные сорта и селекционные линии с процентом развития болезни не более 5 % и высокой продуктивностью – 112,1... 132,0 % к стандарту Ача: Емеля, Д-50-7468; двурядный сорт Биом; селекционные номера В-56-6885, Д-5-7022, Д-7-7057, Д-7-7065, полученные от скрещивания сортов Биом и Оленек, и линии Л-11-38.

**Селекция шестирядного ячменя.** В селекции шестирядного ячменя итогом явилось создание гладкоостого сорта Емеля с более высокой продуктивностью и прямостоячим, устойчивым к обламыванию колосом, который после государственных испытаний был допущен в 2018 г. к выращиванию в производстве. Новый сорт в ряде случаев превосходит сорт Соболек по урожаю сухого вещества в зеленой массе (+15,2... 25,6 ц/га), содержанию белка (+0,5... 1,2 %) и сбору белка с гектара (+2,0... 2,5 ц/га), а

также имеет преимущество по содержанию клетчатки в зеленой массе (+0,7... 1,2 %).

В настоящее время создан новый перспективный селекционный материал с привлечением гладкоствых сортов Колчан (Алтайский край), Бархатный (Тюменская обл.); линий из сорта Luther и Э-88-58-92 (И.о. Luther×Бархатный).

## ГЛАВА 9 РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ

К настоящему времени селекционерами Сибири созданы высокопродуктивные сорта с потенциальной урожайностью 70,0... 80,0 ц/га. В основном это сорта двуядного ярового ячменя. За последнее время (2009-2019 гг.) в Государственный реестр селекционных достижений РФ включены новые сорта ярового ячменя, превышающие по урожайности стандарты в годы их включения в Государственный реестр селекционных достижений, созданных в институте (таблица 7).

Яровой ячмень БУЯН. Создан путем индивидуального отбора из гибридной комбинации [Кедр×Jo 1345 (к-28009, Финляндия)]. Получен патент № 6703. Авторы сорта: Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Ратушняк В. Д., Герасимов С. А. Разновидность nutans. Зерно крупное – масса 1000 зерен 45,4... 52,7 г, что на 4,4... 9,5 г выше, чем у сорта Ача. Пленчатость 7,1 %. Содержание масла до 5,3 %. Содержание белка в зерне до 15,2 %. Сорт кормового назначения. Среднепоздний, вегетационный период 77... 99 дней, на 8... 11 дней созревает позднее среднераннего сорта Ача. По результатам Государственного сортоиспытания (2009-2011 гг.) средняя урожайность на сортоучастках региона составила 47,2 ц/га, что превышает стандартные сорта на 4,3 ц/га. Максимальная урожайность получена в Иркутском НИИСХ в экологическом сортоиспытании – 84,0 ц/га при урожае сорта Ача – 51,0 ц/га.

По результатам испытания сорт включен в Государственный реестр с 2012 г. по Восточно-Сибирскому (11) региону, рекомендован для возделывания в зоне лесостепи Причулымья и республике Хакасия.

Таблица 7. Результативность селекционной работы с яровыми ячменем в Красноярском НИИСХ

Название сорта	Происхождение	Разновидность	Год включения в реестр	Прибавка урожая к стандарту в год районирования, ц	
				±	стандарт
Буян	Кедр×Jo 1345	nutans	2012	4,0	Красноярский 80
Абалак	У-53-8515×Са 46925	nutans	2013	8,8	Ача
Оленек	[(Винер×Красноуфимский95)×(Винер×Донецкий 650)]×Ача	nutans	2014	4,1	Ача
Арат	(Донецкий 8×[(Винер×Донецкий 650)×(Винер×Красноуфимски 95)])	nutans	2014	2,7	Ача
Емеля	И.о. Luther×Бархатный	rikotense	2018	6,8	Соболек
Такмак	{Приазовский 9×[(Винер×Омский 13709)×(Винер×Донецкий 650)]}	nutans	2019	8,8	Ача

Яровой ячмень ОЛЕНЕК. Создан методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из сложной гибридной комбинации [(Винер×Красноуфимский95)×(Винер×Донецкий 650)×Ача]. Разновидность *nutans*. Получен патент № 7359. Авторы сорта: Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Ратушняк В. Д., Герасимов С. А., Попова Н. М.

Масса 1000 зерен 38,0... 48,0 г. Сорт среднепоздний. Vegetационный период 74... 95 дней, на 6... 9 дней позднее среднераннего стандарта Ача. Сорт кормового направления. Пленчатость 10,8 %. Содержание масла в зерне до 4,30 % и белка 10,1... 13,2 %. Урожайный. Максимальный урожай 74,8 ц/га получен на Назаровском ГСУ в 2011 году.

Включен в Государственный реестр с 2014 года по Восточно-Сибирскому региону (11). Рекомендован для возделывания в засушливых районах юга Красноярского края и в республиках Хакасия и Тыва.

Яровой ячмень ЕМЕЛЯ. Создан путем индивидуального отбора из гибридной комбинации (Luther×Бархатный). Разновидность *gikotense*. Получен патент № 9535. Авторы сорта: Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Попова Н. М., Ковригина Л. Н.

Среднеспелый. Vegetационный период 70... 92 дня, что на 6... 8 дней позднее стандартных сортов Ача и Биом. Масса 1000 зерен 34,0... 44,0 г. Сорт кормового назначения. В рекомендуемых для возделывания зонах Красноярского края прибавка сухого вещества к стандарту Соболек составила 9,7 ц/га при урожайности зеленой массы 62,9 ц/га. Максимальный урожай зерна (60,4 ц/га) и зеленой массы (101,5 ц/га) получен в 2016 году на сортоучастках Красноярского края. Пленчатость 8,7 %. Содержание в зерне: масла до 6,0 %; белка до 15,1 %, β-глюканов – низкое 3,6 % (что ценно при скармливании на фураж). Натура 608 г/л. Сорт интенсивного типа.

Сорт Емеля включен в Государственный реестр по Восточно-Сибирскому (11) региону для возделывания в Канско-Красноярской лесостепи, лесостепи Причудымья и степи Предгорий на обыкновенных и южных черноземах Красноярского края и в республике Тыва на зерно и зеленую массу при безобмолотной уборке на зерносеяж, а также в смешанных посевах с бобовыми культурами.

Яровой ячмень ТАКМАК. Создан методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации {Приазовский 9×[(Винер×Омский 13709)×(Винер×Донецкий 650)]}. Разновидность *nutans*. Авторы сорта: Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А., Липшин А. Г.

Среднеспелый, вегетационный период 72... 80 дней, что на 2... 4 дня длиннее среднераннего стандарта Ача. Зерно средней крупности (масса 1000 зерен 43,4... 44,7 г, что на 2,0 г ниже, чем у стандарта Ача). Сорт кормового назначения с содержанием белка до 15,9 %.

По результатам 2х-летнего сортоиспытания включен в Государственный реестр по Восточно-Сибирскому (11) региону в 3, 5 и 8 зонах Красноярского края в 2019 году. Получен патент № 10475. С 2022 года является стандартом на всех сортоучастках Красноярского края.

Яровой ячмень ОПЛОТ. Создан методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации Золотник×Миг 16. Разновидность *medicum*. Авторы сорта: Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г., Бобровский А.В., Голубев С.С.

Сорт кормового назначения. Раннеспелый, вегетационный период 77...82 дня, созревает на 3...5 дней раньше среднераннего стандарта Ача. Отличается высоким потенциалом продуктивности. Прибавка урожая по отношению к стандарту в среднем за 3 года конкурсного сортоиспытания 5,8 ц/га при уровне урожая сорта Ача 31,8 ц/га. В 2018 году на Тулунской ГСС в экологическом сортоиспытании показал потенциальную урожайность – 72,2 ц/га за счет повышенной крупности зерна. Устойчивость к полеганию высокая – 5,0 баллов против 4,6 баллов у стандарта Ача. Содержание белка до 13,3 %. Ости длиннее колоса гладкие, желтые. Масса 1000 зерен до 51,3 г, удлинённой формы, желтое.

Специальная оценка, проведенная в лабораторных условиях в 2020-2021 гг. на устойчивость к темно-бурой листовой пятнистости показала его повышенную ювенильную выносливость к патогену по сравнению с ранее созданными сортами (Neshumaeva, et. al., 2023).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования по изучению исходного и селекционного материала ярового ячменя позволили сформулировать следующие выводы:

1. Выделены источники с ценными признаками по различным направлениям селекции:

- скороспелость (64... 68 дней): Jackson (к-29602), ВVP-2D-1 (29603), AC Albright (к-30599), AC Stasey (к-30600) из Канады, Voll (к-19034, Норвегия), Ловиса (к-30024, Финляндия), Sjak (к-30049, Швеция), Vancuti korai (к-18095, Венгрия), Тарский 3 (к-30719, Омская обл.), Казьминский (к-30926, Хабаровский край);

- устойчивость к полеганию (8,5... 9,0 баллов): Codac (к-30874), Etienne (к-30875), Diamond (к-29192), AC Albright (к-30599) из Канады, Vaughn C.I. 11367 (к-17835, Hazen (к-29377) из США, Феникс (к-30835, Украина), Багрец (к-30988, Свердловская обл.), Убаган (к-30776, Челябинская обл.), Тарский 3 (к-30719, Омская обл.), Талан (к-46502), Танай из Новосибирской обл., Абалак (Красноярский кр., Тюменская обл.);

- число растений перед уборкой среди шестирядных ячменей (в среднем 550 шт./м<sup>2</sup>): Lotun (к-19037, Норвегия), Червонец (к-8306, Иркутская обл.), Тарский 3 (к-30719, Омская обл.);

- сохранность растений к уборке (96,0... 98,8 %): Koral (к-20327, США), Messina (к-30967), Xanadu (к-30973), Жозефин (к-31038), Марни (к-31044) из Германии, Toledo (к-30998, Великобритания), Klinta (к-30923, Латвия), Симфония (к-30996), Гармония (к-30997), Гетьман (к-30965) из Украины; Илек 1 (к-30980, Казахстан), Ястреб (к-30986, Самарская обл.), Стимул (к-30882,

Краснодарский кр.), Первоцелинник (к-30895, Оренбургская обл.), Багрец (к-30988, Свердловская обл.), Талан (к-46502, Новосибирская обл.);

- количество продуктивных колосьев (856... 1150 шт./м<sup>2</sup>): Rupal (к-21879), Weibull spruke (к-19381) из Швеции, Mojar (к-22312, Норвегия), M 1913/88 (Чехословакия), Malva (к-30925, Латвия), Нутанс 302 (к-30961, Самарская обл.), Оренбургский 17 (к-30596, Оренбургская обл.), Талан (к-46502, Новосибирская обл.);

- продуктивное кущение среди двурядных сортов (2,0... 2,5 шт.): CDC McGuire (к-31108, Канада), Kristaps (к-30964, Латвия), Нутанс 302 (к-30961, Самарская обл.), Таловский 9 (к-31041, Воронежская обл.), Талан (к-46502, Новосибирская обл.), Саша (к-31110, Омская обл.), Золотник (к-30845, Алтайский кр.); среди шестирядных сортов (1,40 шт.): Leduc (к-29193), AC Albright (к-30599) из Канады, Hazen (к-29377, США);

- озерненность колоса среди двурядных сортов (22,0... 23,5 шт.): Heritage (к-29933), Bishop (к-29935) из США; CDC McGuire (к-31108, Канада), Sv.66905 (к-21989), Kinnan (к-30576) из Швеции; Bingo Carlsberg (к-29234, Дания), Козак (к-31037, Украина), Родник 98 (к-30824, Воронежская обл.), Владимир (к-30981, Московская обл.), Зерноградец 770 (к-30451, Ростовская обл.), Степан (к-31117, Челябинская обл.), Сибирский авангард (к-31142, Омская обл.), Салаир (Алтайский кр.), Буян (Красноярский кр.); среди шестирядных образцов (42,5... 44,6 шт.): Jackson (к-29602), AC Stacey (к-30600) из Канады, Noble (к-30029, США), Тарский 3 (к-30719, Омская обл.);

- масса 1000 зерен среди двурядных сортов (49,9... 56,9 г): Феникс (к-30835), Гармония (к-30997) из Украины, Ястреб (к-30986, Самарская обл.), Первоцелинник (к-30895), Натали (к-30957) из Оренбургской обл., Багрец (к-30988), Калита (к-30989) из Свердловской обл.; среди шестирядных образцов (40,9... 44,2 г): Kindred (к-18048), Hazen (к-29377) из США, Diamond (к-29192), Leduc (к-29193) из Канады;

- масса зерна с растения среди двурядных сортов (1,48... 1,67 г): Bingo Carlsberg (к-29234, Дания), Степан (к-31117, Челябинская обл.), Багрец (к-30988), Калита (к-30989) из Свердловской обл., Талан (к-46502, Новосибирская обл.), Салаир (Алтайский кр.); в селекции шестирядных сортов (1,69... 2,01 г): Diamond (к-29192), Leduc (к-29193) из Канады, Hazen (к-29377, США), Колчан (к-31039, Алтайский кр.), Казьминский (к-30926, Хабаровский кр.);

- коэффициент хозяйственной эффективности в селекции двурядных яровых ячменей (50,0-51,1 %): Талан (к-46502, Новосибирская обл.), Сибирский авангард (к-31142, Омская обл.); среди шестирядных сортов (50,4-55,4 %): Hazen (к-29377, США), Codac (к-30874), Etienne (к-30875), Loyolla (к-22341), Diamond (к-29192), Leduc (к-29193), Jackson (к-29602), BVP-2D-1 (к-29603), AC Albright (к-30599), AC Stacey (к-30600) из Канады, Ловиса (к-30024, Финляндия), Казьминский (к-30926, Хабаровский кр.);

- высокая урожайность (590... 705 г/м<sup>2</sup>): Codac (к-30874), Etienne (к-30875), Diamond (к-29192), AC Albright (к-30599) из Канады, Vaughn C.I. 11367 (к-17835), Kindred (к-18048) из США, Багрец (к-30988, Свердловская обл.), Убаган (к-30776, Челябинская обл.), Талан (к-46502), Танай из Новосибирской обл.,

Абалак (Красноярский кр., Тюменская обл.), Такмак (Красноярский кр.) – стандарт на всех сортоучастках Красноярского края с 2022 года;

- содержание белка в зерне среди пленчатых сортов (14,07... 14,73 %): Cirstin (к-29988, Германия), 18/7 (Дагестан), Золотник (к-30845, Алтайский кр.); голозерных образцов (15,30... 15,88 %): Омский голозерный 1 (к-30919, Омская обл.), NS GL1 (к-30956, Югославия), Нудум 95 (к-31125, Челябинская обл.); валовый сбор белка с единицы площади (68,3... 89,1 г/м<sup>2</sup>): Челябинец 2 (к-30950), Убаган (к-30776) из Челябинской обл., Талан (к-46502), Танай, Биом (к-30984) из Новосибирской обл., Codac (к-30874), Etienne (к-30875) из Канады, Колчан (к-31039, Алтайский кр.), натура зерна (668... 857 г/л): Омский голозерный 1 (к-30919, Омская обл.), AC Albright (к-30599, Канада), Ловиса (к-30024, Финляндия), Sjak (к-30049, Швеция), Танай (Новосибирская обл.);

- низкое содержание β-глюканов в зерне (3,18... 3,56 %): Маяк (к-29622), шестирядные сорта Емеля из Красноярского края, Тарский 3 (к-30719, Омская обл.), AC Albright (к-30599); повышенное содержание β-глюканов (5,06... 5,21 %): голозерные сорта Нудум 155 (к-13328, Украина) и Нудум 95 (к-31125, Челябинская обл.);

2. Выявлены источники селекционных признаков среди сибирского генофонда ярового ячменя:

- скороспелость (65... 75 дней) : А-382, Б-48, Е-84, Е-92, Дыгнос (Якутский НИИСХ), Наран (Бурятский НИИСХ), А-5552, Г-18298, Г-18619, Г-19921, Г-20059 (СибНИИРС), Омский 96, Омский 91, Омский 89, Целесте 4673 (Омский НИИСХ), Лука, Кузнецкий, Петр, КМ 564 (Кемеровский НИИСХ), Агул 2, Вулкан, К-8-2, К 6.1.(15)- 10.3 (Красноярский НИИСХ);

- устойчивость к полеганию в сочетании с продуктивностью (8,0... 9,0 баллов): Д-5-7862, Ц-1, К-6-2, СР.8. У-20-704, адаптивные линии У-95-1041, Л-11-41 (Красноярский НИИСХ), Г-20070, Г-20275, Г-20397, Г-20696, Г-20728 (СибНИИРС);

- продуктивное кущение (2,5... 3,7 шт.): Л-11-41, Л-11-42, Бахус, Вулкан, ГДГ 6h 949, СР. 428 h 949, Т-136-368, КР 3.7 (7) Т-136-368, КР 3.7 (1) Т-136-368, СР. 55.1(9), Т 51, КР.3.9(10), СР 73.1 (4) красноярской селекции, Наран, СП 44 бурятской селекции, Г-18619, Г-19921 из СибНИИРСа, Медикум 4680, Мед×Нут 4753, Медикум 4772, Медикум 4778, Нутанс 4779, 2553 h 5, 2516 h 12 (Тулунская ГСС), Золотник (Алтайский НИИСХ), Петр, 1955, 1478, КМ 564, 1951 (Кемеровский НИИСХ), шестирядный Целесте 4673 (Омский НИИСХ);

- число зерен в колосе у двурядных сортов (21,0... 23,8 шт.): Буян (Е 65-6863), К-6-2 (Красноярский НИИСХ), Наран (Бурятский НИИСХ), Нутанс 4780 (Омский НИИСХ), Петр, 1955, КМ 564 (Кемеровский НИИСХ); у шестирядных сортов (45,3... 58,9 шт.): Агул 2 (Красноярский НИИСХ), Дыгнос, Дыгын (Якутский НИИСХ);

- масса 1000 зерен (48,5... 53,1 г): К 6.1.(15)- 10.3 (Красноярский НИИСХ), Г-19596, Г-20428 (СибНИИРС), Омский 90, Нутанс 4621, Медикум 4771, Медикум 4778, Нутанс 4780 (Омский НИИСХ), 2516 h12 (Тулунская ГСС), Задел (Алтайский НИИСХ), Партнер (Институт Сев. Зауралья);



- максимальная урожайность (636... 710 г/м<sup>2</sup>): Д-3-5862, Буян (Е 65-6863), Л-11-41, Л-11-42, Ц-1, К-6-2, СР. 8. У 20-704, У-95-1041 (Красноярский НИИСХ), Г-20070, Г-20275, Г-20397, Г-20696, Г-20728, Г-20730 (СибНИИРС), Нутанс 4707, Медикум 4686, Медикум 4749, Мед×Нут 4753 (Омский НИИСХ);

- общая продуктивность двурядных яровых ячменей среднеспелого типа (683... 701 г/м<sup>2</sup>): Л-11-42 (Красноярский НИИСХ); Г-20696, Г-20730 (СибНИИРС); Медикум 4686, Медикум 4779 (Омский НИИСХ); Челябинский 99 (Челябинский НИИСХ); КМ 564 (Кемеровский НИИСХ).

3. Предложены модели перспективных сортов нового поколения двурядного и шестирядного ярового ячменя для таежной, подтаежной, лесостепной и степной зон Средней Сибири с указанием научно-обоснованных параметров до 2030 года.

4. Показано, что ведущими элементами продуктивности при отборе на высокую продуктивность двурядных и шестирядных сортов в различных условиях среды являются число зерен в колосе с относительным вкладом признака 25,98... 70,32 % и масса 1000 зерен – 6,10... 58,62 %.

5. Установлены доноры по следующим селекционным признакам для создания новых сортов ярового ячменя:

- продуктивная кустистость: сорт Нутанс 302 (Прерия×Тан 1, Самарский НИИСХ);

- число зерен в колосе: сорт Буян (Кедр×Jo 1345, Красноярский НИИСХ);

- масса 1000 зерен: сорт Калита [(Вереск×Роланд)×Гонар, Уральский НИИСХ];

6. На основе комплекса физиологических показателей (ИДК и ПВ) с повышенной выносливостью к влиянию кислых почв выделен сорт Оленек. Повышенную устойчивость к засухе в сочетании с низкой температурой на ранних стадиях развития растения, с индексом длины корней 0,22... 0,28, процентом врастания корней в тестирующую жидкость 0,45... 0,67 показали адаптивные линии Т-136-368, У-27-35-93, Э-4-5099, Б-59-6488, В-53-6870, В-43-6836, сорта Бахус, Оленек и Такмак.

7. Установлено, что повышенными адаптивными свойствами в экстремальных условиях Средней Сибири характеризовались двурядные сорта Вулкан, Абалак, Такмак и шестирядный Емея.

8. Созданы высокопродуктивные двурядные сорта ярового ячменя Буян, Оленек, Такмак; шестирядный гладкоостый Емея, занесенные в Государственный реестр селекционных достижений по 11 региону и допущенные к производству для условий Средне-Сибирского региона. Передан на Государственное сортоиспытание раннеспелый сорт Оплот.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ**

1. Перспективные образцы, которые могут быть использованы в научных учреждениях Сибири в качестве источников при создании сортов нового поколения по следующим направлениям:

- на совершенствование стабильности урожая – Koral (к-20327, США), AC Albright (к-30599, Канада), Domen (к-19009, Норвегия), Cirstin (к-29988,

Германия), Асем (к-31124, Казахстан), Нутанс 302 (к-30961, Самарская обл.), Зерноградец 770 (к-30451, Ростовская обл.), Ясный (к-30847, Ростовская обл.), Новичок (к-30806, Кировская обл.), Первоцелинник (к-30895, Оренбургская обл.), Тарский 3 (к-30719, Омская обл.), Абалак (Красноярский край, Тюменская обл.);

- в селекции сортов с селекционной ценностью генотипов по признаку масса зерна с 1 м<sup>2</sup> для повышения и стабилизации зерновой продуктивности – AC Albright (к-30599, Канада), Cirstin (к-29988, Германия), Талан (к-46502, Новосибирская обл.), Тарский 3 (к-30719, Омская обл.), Абалак (Красноярский кр., Тюменская обл.);

- в селекции сортов интенсивного типа – Duplex C.I. 2433 (к-17840), Kindred (к-18048), Heritage (к-29933), Hazen (к-29377) из США, Loyolla (к-22341), Jackson (к-29602), BVP-2D-1 (к-29603), AC Stacey (к-30600), CDC McGuire (к-31108) из Канады, Sv. 66905 (к-21989), Kinnan (к-30576) из Швеции, Mojar (к-22312, Норвегия), Bingo Carlsberg (к-29237, Дания), M 1913/88 (Чехословакия), Olbram (к-30932, Чехия), Margret (к-30966, Германия), Феникс (к-30835), Корона (к-30856), Козак (к-31037), Эффект (к-30991), Симфония (к-30996), Гармония (к-30997) из Украины, Хаджибей (к-30844, Белоруссия), Илек 16 (к-30978, Казахстан), Тонус (к-30958, Ростовская обл.), Бином (к-30985, Свердловская обл.), Раушан (к-30592, Московская обл.), Сибирский авангард (к-31142, Омская обл.), Колчан (к-31039, Алтайский край).

2. Для оценки устойчивости ярового ячменя к повышенной кислотности почвы и засухи рекомендовать в качестве скрининга апробированный нами лабораторный метод «процент врастания корней в тестирующую жидкость».

3. Разработать агротехнологию возделывания нового раннеспелого сорта Оплот и провести его производственное испытание и размножение.

4. Рекомендовать для возделывания в регионах Средней Сибири адаптивные сорта Оленек и Такмак селекции Красноярского НИИСХ. На зерно и зеленую массу в чистом виде и в смеси с зернобобовыми целесообразно возделывать шестирядный гладкоостый сорт Емеля.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Научные статьи, опубликованные в изданиях, выходящих в международные базы данных, индексирующие научные публикации*

1. Полонский, В. И. Оценка образцов ячменя на содержание β-глюканов в зерне и другие ценные признаки в условиях Восточной Сибири / В. И. Полонский, Н. А. Сурин, С. А. Герасимов, А. Г. Липшин, А. В. Сумина, Зюте С. А. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – Т. 182. – № 1. – С. 48-58 (личный вклад – 25 %).

2. Тихомиров, А. А. Особенности роста и развития сортов двурядного (*v. nutans*) и шестирядного (*v. rikutense*) ячменя в условиях светокультуры / А. А. Тихомиров, С. А. Ушакова, В. В. Величко, В. Н. Шихов, Е. С. Шклавцова, А. М. Павлова, Н. А. Сурин, С. А. Герасимов, С. С. Голубев, Л. В. Плеханова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 2. – С. 19-24 (личный вклад – 10 %).

3. Полонский, В. И. Адаптивность образцов голозерного ячменя по содержанию β-глюканов в зерне и его крупности в условиях Восточной Сибири / В.

И. Полонский, **С. А. Герасимов**, А. В. Сумина, С. А. Зюте // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 4. – С. 8-12 (личный вклад – 35 %).

4. Ушакова, С. А. Экспериментальное моделирование влияния условий минерального питания на растения ярового двурядного ячменя в условиях светокультуры / С. А. Ушакова, А. А. Тихомиров, В. В. Величко, С. В. Хижняк, **С. А. Герасимов**, И. В. Грибовская, Н. А. Сурин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 4. – С. 18-24 (личный вклад – 14 %).

5. Полонский, В. И. Повышенная стабильность образцов овса, ячменя и пшеницы по массе 1000 зерен не связана с меньшей крупностью зерна / В. И. Полонский, А. В. Сумина, **С. А. Герасимов**, А. А. Количенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – Т. 184. – № 2. – С. 52-65 (личный вклад – 25 %).

*Научные статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК РФ*

6. Сурин, Н. А. Перспективы возделывания ячменя на кислых почвах в подтайге Красноярского края / Н.А. Сурин, Ю. Н. Трубников, С.А. Герасимов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 10. – С. 5-13 (личный вклад – 33 %).

7. **Герасимов, С. А.** Агрэкологическая пластичность и стабильность сортов и линий ячменя сибирской селекции / **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин, А. В. Сумина // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 2. – С. 74-78 (личный вклад – 40 %).

8. Сурин, Н. А. Перспективные образцы ячменя в селекции на кислотоустойчивость / Н. А. Сурин, В. И. Полонский, **С. А. Герасимов** // Доклады Россельхозакадемии. – 2012. – № 3. – С. 7-10 (личный вклад – 40 %).

9. Сурин, Н. А. Создание высокопродуктивных сортов ячменя восточно-сибирской селекции в условиях глобального изменения климата / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – Т. 28. – С. 3-6 (личный вклад – 25 %).

10. Сурин, Н. А. Полевая оценка перспективного селекционного материала ячменя и овса в Приенисейской Сибири / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А.Г. Липшин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 2. – С. 14-16 (личный вклад – 25 %).

11. **Герасимов, С. А.** Агробиологическая характеристика образцов ячменя коллекции ВИР по важнейшим направлениям селекции в Восточной Сибири / **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 10. – С. 3-8 (личный вклад – 50 %).

12. Сурин, Н. А. Реализация идей Н.И. Вавилова в селекции ячменя в Сибири / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – Т. 179. – № 1. – С. 78-88 (личный вклад – 25 %).

13. Сурин, Н. А. Оценка коллекционных образцов ярового ячменя при селекции на продуктивность и качество зерна в условиях Восточной Сибири / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Достижения науки и техники АПК. – 2018 – № 5. – Т. 32. – С. 41-44 (личный вклад – 25 %).

14. Зобова, Н. В. Спектры проламинов в агроэкологической оценке коллекционного материала ячменя / Н. В. Зобова, Н. А. Сурин, **С. А. Герасимов**, А. А. Чуслин, Т. В. Онуфриенок // Достижения науки и техники АПК. – 2018 – № 5. – Т. 32. – С. 45-47 (личный вклад – 20 %).

15. Сурин, Н. А. Селекционная оценка и отбор генотипов ячменя Восточно-Сибирской селекции / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Вестник НГАУ. – 2018. – Вып. 3 (48). – С. 70-77 (личный вклад – 25 %).

16. Сурин, Н. А. Наследование продуктивного кущения гибридами ярового ячменя / Н. А. Сурин, **С. А. Герасимов** // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 7. – С. 5-8 (личный вклад – 50 %).

17. **Герасимов, С. А.** Селекционно-ценные образцы ячменя коллекции ВИР по параметрам адаптивности, продуктивности и качества зерна / **С. А. Герасимов** // Вестник НГАУ. – 2020. – № 4(57). – С. 16-24 (личный вклад – 100 %).

18. Сурин Н. А. Гладкоостые ячмени и их использование в кормопроизводстве Восточной Сибири / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин, А. А. Количенко // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 9. – С. 45-53 (личный вклад – 20 %).

19. Полонский, В. И. Пластичность и стабильность образцов пленчатого ячменя по содержанию  $\beta$ -глюканов в зерне и его крупности в условиях Красноярской лесостепи / В. И. Полонский, **С. А. Герасимов**, А. В. Сумина // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 4. – С. 53-61 (личный вклад – 35 %).

20. **Герасимов, С. А.** Наследование размеров колоса и числа зерен гибридами ярового ячменя / **С. А. Герасимов** // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 11. – С. 27-32 (личный вклад – 100 %).

21. Сурин, Н. А. Наследование массы 1000 зерен гибридами ярового ячменя / Н. А. Сурин, **С. А. Герасимов** // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 1. – С. 64-69 (личный вклад – 50 %).

#### *Монографии*

22. Оценка качества зерна ячменя и овса: селекционные и технологические аспекты / А.В. Сумина, В.И. Полонский, **С.А. Герасимов**; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – 204 с (личный вклад – 33 %).

23. Экологическая селекция ячменя в Средней Сибири / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, **С.А. Герасимов**, А.Г. Липшин; ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН – Красноярск: ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН, 2023. – 333 с (личный вклад – 25 %).

#### *Патенты РФ, свидетельства информрегистра*

24. Патент на селекционное достижение № 6703 Российская Федерация. Ячмень яровой «Буян»: № 9154652 : заявл. 01.12.2008 : зарегистрировано 17.12.2012 / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, **С.А. Герасимов**, В. Д. Ратушняк; заявитель ГНУ Красноярский НИИСХ (личный вклад – 10 %).

25. Патент на селекционное достижение № 7359 Российская Федерация. Ячмень яровой «Оленек»: № 8954350 : заявл. 08.12.2010 : зарегистрировано 16.04.2014 / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, **С.А. Герасимов**, Н.М. Попова, В.Д. Ратушняк; заявитель ГНУ Красноярский НИИСХ (личный вклад – 15 %).

26. Патент на селекционное достижение № 9535 Российская Федерация. Ячмень яровой «Емеля»: № 8458001: заявл. 01.12.2015 : зарегистрировано 27.02.2018 / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, **С.А. Герасимов**, Л.Н. Ковригина, А.Г. Липшин, Н.М. Попова; заявитель ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (личный вклад – 20 %).

27. Патент на селекционное достижение № 10475 Российская Федерация. Ячмень яровой «Такмак»: № 8356368 : заявл. 01.12.2016 : зарегистрировано

14.06.2019 / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, **С.А. Герасимов**, А.Г. Липшин; заявитель ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (личный вклад – 25 %).

*Публикации в других научных изданиях*

28. **Герасимов, С. А.** Диагностика и отбор ярового ячменя на устойчивость к засухе и низкотемпературному стрессу/ **С. А. Герасимов**, Н. М. Попова // Использование современных методов в селекции по созданию новых сортов зерновых культур и их семеноводство в Восточной Сибири: Мат-лы. науч.-практ. конф., Красноярск, 1-2 августа 2012 года. – Красноярск, 2012. – С. 19-27 (личный вклад – 50 %).

29. Сурин, Н. А. Комплексная оценка селекционного материала в селекции ячменя на адаптивность в Восточно-Сибирском регионе / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов** // Вестник кемеровского государственного университета. – 2015. – № 4 (64). – Т. 3. – С. 98-103 (личный вклад – 33 %).

30. Сурин, Н. А. Биологические особенности и селекционное значение сортов ячменя сибирской селекции в условиях Восточной Сибири / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 13-22 (личный вклад – 25 %).

31. Сурин, Н. А. Интегрированная оценка адаптивной способности образцов ячменя из коллекции ВИР в условиях Красноярской лесостепи / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 6. – С. 32-35 (личный вклад – 25 %).

32. Сурин, Н. А. Адаптивный потенциал ячменя Восточно-Сибирской селекции / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова, **С. А. Герасимов**, А. Г. Липшин // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 5. – С. 28-31 (личный вклад – 25 %).

33. **Герасимов, С. А.** Перспективные образцы ячменя мировой коллекции ВИР в условиях Восточной Сибири / **С. А. Герасимов** // Проблемы и перспективы современной науки: Мат-лы XIX Международной мультидисциплинарной конференции, Москва, 28 сентября 2017 года. – Москва, 2017. – С. 67-72 (личный вклад – 100 %).

34. **Герасимов, С. А.** Сравнение образцов ячменя мировой коллекции ВИР в условиях Восточной Сибири / **С. А. Герасимов** // Вестник КемГУ. – 2017. – № 2(2). – С. 15-18 (личный вклад – 100 %).

35. **Герасимов, С. А.** Результаты испытания ярового ячменя коллекции ВИР в условиях Восточной Сибири / **С. А. Герасимов** // Инновационные тенденции развития Российской науки: Мат-лы XI международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 10-11 апреля 2018 года, – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2018. – С. 15-20 (личный вклад – 100 %).

36. **Герасимов, С. А.** Ценные образцы ячменя коллекции ВИР для селекции в Восточной Сибири / **С. А. Герасимов** // Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири: Мат-лы междунар. конф., Красноярск, 23-26 июля 2019 года. – Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2019. – С. 157-159. (личный вклад – 100 %).

37. Сурин, Н. А. Оценка генотипов ярового ячменя из коллекции ВИР на адаптивность и продуктивность в условиях Восточной Сибири / Н. А. Сурин, **С. А.**

**Герасимов, Н. Е. Ляхова** // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 2. – С. 16-23 (личный вклад – 35 %).

38. Surin, N. A. Study of samples of spring barley from the collection of the All-Russian institute of crop production for resistance to biotic stress / N. A. Surin, A. G. Lipshin, N. S. Kozulina, **S. A. Gerasimov**, A. V. Vasilenko // IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies - AGRITECH IV. – 2020. – V.677. – Pp. 42033. – DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042033 (личный вклад – 20 %).

39. **Герасимов, С. А.** Основные параметры моделей новых сортов ячменя для различных почвенно-климатических зон Восточной Сибири / **С. А. Герасимов** // Научное обеспечение животноводства Сибири: Мат-лы VI международной научно-практической конференции, Красноярск, 19-20 мая 2022 года. – Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2022. – С. 21-25 (личный вклад – 100 %).

40. **Герасимов, С. А.** Коллекция ВИР как источник доноров для селекции ярового ячменя в Восточной Сибири / **С. А. Герасимов** // Генофонд растений как стратегический фактор стабильности развития Российской Федерации: Тезисы докладов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 28-30 июня 2023 года. – Санкт-Петербург: ВИР, 2023. – С. 51-52 (личный вклад – 100 %).

41. Сурин, Н. А. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в условиях лесостепи Красноярского края / Н. А. Сурин, **С. А. Герасимов**, Н. Е. Ляхова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53. – № 6. – С. 15-23 (личный вклад – 35 %).

42. Neshumaeva, N. A. Assessment of juvenile resistance of barley and wheat accessions to dark brown leaf spot / N. A. Neshumaeva, A. V. Sidorov, **S. A. Gerasimov** // VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development - AGRITECH-VIII. – 2023. – V. 390. – Pp. 5003. – DOI: 10.1051/e3sconf/202339005003 (личный вклад – 33 %).