

На правах рукописи

Зайцева Ирина Юрьевна

**СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ
HORDEUM VULGARE L. ДЛЯ УСЛОВИЙ
НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2023

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный аграрный научный центр Северо- Востока имени Н.В. Рудницкого».

Научный руководитель: **Щенникова Ирина Николаевна**
доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого»

Официальные оппоненты: **Шевченко Сергей Николаевич**
доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, директор ФГБУН Самарский федеральный исследовательский центр РАН

Ерошенко Любовь Михайловна
кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Ведущая организация: Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»

Защита состоится 21 ноября 2023 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.030.08 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета: www.timacad.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук

Вертикова Елена Александровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В Кировской области, являющейся одной из 32 субъектов РФ, относящихся к Нечернозёмной зоне, первенство по посевным площадям принадлежит яровому ячменю и составляет 36 % (Щенникова И. Н., Кокина Л. П., 2021). В условиях региона более 60% произведённого зерна используется на кормовые цели, в основном для приготовления комбикормов, поэтому первостепенной задачей является получение стабильных и высоких урожаев зерна ярового ячменя зернофуражного назначения.

В настоящее время экономически эффективным средством получения высоких урожаев при минимальных затратах остаётся сорт. Одним же из наиболее действенных и вместе с тем эффективных способов повышения урожайности – замена старых сортов новыми, обладающими большей продуктивностью и высокой адаптацией к почвенно-климатическим условиям конкретной местности (Беляев Н. Н., Дубинкина Е. А., 2018).

В настоящее время в государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, включено большое количество сортов, характеризующихся высоким потенциалом продуктивности. Однако вследствие меняющихся почвенно-климатических условий наблюдаются резкие колебания сбора зерна ячменя по годам. Таким образом, остро стоит проблема подбора нового исходного материала для создания сортов способных противостоять действию абиотических и биотических стрессов. Исследования коллекционных образцов ярового ячменя в условиях Нечернозёмной зоны РФ позволяют выделить адаптивные формы с комплексом или отдельными признаками и свойствами, которые отвечают современным задачам селекции, с целью их дальнейшего использования в селекционном процессе.

Степень разработанности темы. Вопросы по изучению генетики и селекции и технологии возделывания ярового ячменя в России нашли свое отражение в трудах А. Я. Трофимовской, Э. Д. Неттевича, Н. А. Сурина, В. В. Глуховцева, Н. А. Родиной, В. М. Шевцова, В. Н. Смолина, А. А. Грязнова, С. Н. Шевченко, М. В. Лукьяновой, О. Н. Ковалёвой, В. Н. Пакуль, А. В. Заушенценой, Л. П. Байкаловой и др.

Цель исследования – выделить источники для селекции ярового ячменя на основе оценки коллекционных образцов различного эколого-географического происхождения по урожайности и комплексу селекционно-ценных признаков.

В задачи исследований входило:

- установить вклад среды и генотипа в формирование элементов структуры продуктивности ячменя;
- оценить коллекционные образцы по важнейшим селекционно-ценным признакам: продуктивности, показателям качества зерна, устойчивости к полеганию, болезням и абиотическим факторам окружающей среды;

- в межсортовых скрещиваниях с использованием лучших по комплексу признаков и свойств коллекционных образцов ярового ячменя создать новый исходный и селекционный материал;
- оценить селекционную ценность созданных линий ячменя.

Работа выполнена в 2018-2022 гг. в лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) в соответствии с планом научно-исследовательских работ (государственная регистрация № 1021060407724-6 и 123011900033-3) и является итогом исследований автора, а также работ, выполненных совместно с научными сотрудниками лаборатории иммунитета и защиты растений и аналитической лаборатории.

Научная новизна работы. Среди коллекционных образцов ярового ячменя выявлены новые источники хозяйственно ценных признаков, способные обеспечить создание конкурентоспособных сортов, адаптивных к условиям Нечернозёмной зоны Российской Федерации. Получены новые знания о закономерностях изменчивости и взаимосвязи изученных признаков для обоснования подбора родительских форм в скрещиваниях. На широкой генетической основе создан новый исходный материал с уникальными свойствами (5133 селекционных линий).

Теоретическая и практическая значимость работы определяется важностью конечных результатов для селекционной практики. Выделенные источники, а также созданные на их основе гибриды с ценными в хозяйственном отношении признаками используются для решения региональных проблем селекции ячменя. На широкой генетической основе создан новый исходный материал с уникальными свойствами (5133 селекционных линий).

Разработано (в соавторстве) и предложено для практического использования методическое пособие «Биоресурсы ячменя ярового для селекции новых коммерческих сортов в условиях Волго-Вятского региона» (2022).

Методология и методы исследования. Теория и методология исследований основана на анализе научных трудов отечественных и зарубежных исследователей по изучаемой проблеме. В работе применялись аналитический, экспериментальный (лабораторные опыты и полевые исследования) и статистический (математический анализ полученных результатов исследований) методы исследований.

Научные положения, выносимые на защиту:

- установленные в ходе исследований статистические параметры: доля генотипа и среды в изменчивости урожайности образцов и элементов продуктивности растений, коэффициенты корреляции, показатели пластичности и стабильности селекционно-ценных признаков коллекционных образцов целесообразно учитывать при выборе родительских форм для гибридизации;
- использование источников хозяйственно ценных признаков обеспечивает селекцию высокоурожайных адаптивных сортов ярового ячменя в регионах со схожими агроклиматическими и почвенными ресурсами;

- перспективные селекционные линии.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в полевых и лабораторных исследованиях, выполнении всех биометрических наблюдений и исследований, анализе и обработке материала, ежегодном представлении научных отчетов, подготовке научных публикаций, апробации результатов исследований на конференциях, написании и оформлении диссертации, а также в селекционной проработке и испытаниях созданного исходного материала в селекционных питомниках.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и одобрены на международных научно-практических конференциях: «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве» (г. Киров, 2018, 2021, 2022), «Генофонд и селекция растений» (г. Новосибирск, 2020), V Вавиловская международная конференция (Молодёжная конференция «Поколение F3 – к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, 2022); международных научно-практических конференциях аспирантов и молодых ученых (г. Киров, 2018, 2019); на заседаниях методической комиссии селекцентра и Ученого совета ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (2018-2022 гг.); опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК.

Публикации. Основные материалы и положения диссертации опубликованы в 11 печатных и 2 электронных работах, в том числе 3 статьи – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, методическом руководстве «Биоресурсы ячменя ярового для селекции новых коммерческих сортов в условиях Волго-Вятского региона».

Государственные контракты и гранты. Данная работа была поддержана грантом в рамках выполнения программы развития селекционно-семеноводческих центров в области сельского хозяйства для создания и внедрения в АПК современных технологий на основе собственных исследований.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 220 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, 4 глав, заключения, предложений для практической селекции, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 24 таблицы, 12 рисунков, 28 таблиц и 2 рисунков приложений. Список литературы включает 381 источник, в том числе 22 иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Изложена актуальность проблемы, определены цели и задачи исследования, обоснована научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы, сформулированы выносимые на защиту научные положения, представлен личный вклад соискателя и результаты апробации работы.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Аналитический обзор научной литературы отражает народно-хозяйственное значение, морфологические и биологические особенности ярового ячменя, обосновывает важность использования коллекционных образцов в качестве исходного материала и определяет основные направления селекции ярового ячменя, актуальные для Нечернозёмной зоны РФ: урожайность, качество зерна, скороспелость, устойчивость к полеганию, болезням и стрессовым абиотическим факторам.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2018-2022 гг. в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров. Полевые опыты были заложены на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, сформированной на элювии пермских глин, с низким содержанием гумуса 2,27-3,56% и рН солевой вытяжки 4,4-5,8. Содержание фосфора преимущественно высокое (167-367 мг/кг), обменного калия – очень высокое (243-247 мг/кг).

Анализ метеорологических условий проведён по данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Погодные условия в годы проведения исследований значительно различались по температурному режиму и обеспеченности посевов влагой, что позволило всесторонне изучить коллекционный материал. Благоприятными для формирования высокой урожайности были 2018 и 2020 гг., однако ливневые дожди в 2020 г., спровоцировали полегание коллекционных образцов. В 2019 г. погода была близка к среднегодовым значениям. В 2021 г. засушливые условия, сложившиеся в начальные фазы развития растений, отрицательно сказались на урожайности коллекционных образцов. В 2022 г. сложились удовлетворительные для роста и развития растений ячменя погодные условия.

Объектом исследований являлись 128 образцов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения. Изученные образцы представлены 26 странами. Большинство исследуемых генотипов (53,9% или 69 образцов) происходит из стран Восточной Европы, из них 49 образцов или 38,3% имели отечественное происхождение. Изучение коллекции проводилось на делянках площадью 2,7 м², повторность – 3х-кратная. В качестве стандарта использовали сорт Белгородский 100. Исследование коллекционного материала проводилось по 2 группам: 1 набор образцов (30 шт.) – изучался с 2018 по 2020 гг., 2 набор образцов (26 шт.) – с 2019 по 2021 гг.

Исследования проводились в соответствии с «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (2012) и Международным классификатором СЭВ рода *Hordeum* L. (1983). Анализ качества зерна (содержание белка) выполнен в лабораторных условиях с применением экспресс-анализатора универсального назначения INFRAMATIC 8620 («Pertin

instruments», Sweden), натурную массу определяли в соответствии с ГОСТом 10840-64, выравненность определяли на аппарате ВИМС РКС-1. Для изучения механизмов устойчивости к полеганию использовали методику (Тороп Е.А. и др., 2011). Характеристику образцов по устойчивости к головне (*Ustilago nuda* (Jens) Rostr.) давали на основании шкалы В. И. Кривченко с соавт. (2008), к листовым болезням (полосатая – *Drechlera graminea* (Rab.ex Schlecht) Shoem, сетчатая – *Drechlera teres* (Sacc.) Schoem и темно-бурая пятнистость – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Schoem) по шкалам Н. А. Родиной, З. Г. Ефремовой (1986), О. С. Петровой, О. С. Афанасенко (2003) и О. С. Афанасенко (2005). Проводили оценку устойчивости образцов к засухе (Удовенко В. Г., 1988) и к алюмокислому стрессу (Лисицын Е.М., 2003; Лисицын Е.М., 2018). Для оценки гибридов первого поколения использовали показатели истинного, гипотетического и конкурсного гетерозиса (Омаров Д. С., 1975). Для определения уровня влагообеспеченности использовали гидротермический коэффициент (ГТК) Г. Т. Селянинова (1928). Для вычисления, параметров экологической пластичности (b_i), стабильности (σ^2) и индекса условий окружающей среды (I_j) использовали методику, разработанную S.A. Eberhart, W.A. Russel в редакции В.А. Зыкина и др. (2011). Корреляционную зависимость между устойчивостью к полеганию и элементами структуры урожайности и морфологическими особенностями второго нижнего междоузлия рассчитывали с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (Зайцев Г. Н., 1973). Статистическую обработку данных выполняли методами дисперсионного, вариационного, корреляционного и регрессионного анализов по методике Б. А. Доспехова (1985). Существенность различий между вариантами опыта и контролем устанавливали с помощью критерия Стьюдента t_{st} (Плохинский Н. А., 1969). Математический анализ материала осуществляли с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel и пакета селекционно-генетических программ «AGROS» версия 2.07.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Урожайность коллекционных образцов ячменя

3.1.1 Вклад генотипа и среды в формирование элементов структуры продуктивности

По результатам статистической обработки установлены достоверные различия коллекционных образцов по всем количественным признакам и определен вклад наследственности (генотип) и среды в их формирование. При этом обнаружена различная реакция образцов ячменя на средовые факторы. Так, у образцов, изученных в 2018-2020 гг., степень развития элементов продуктивности растений определялось условиями среды (доля фактора 21-30%). У коллекционных образцов, изученных в 2019-2021 гг., развитие селекционно-ценных признаков было обусловлено преимущественно генотипом (доля фактора 24-89%). Установлен доминирующий вклад (>50%) генотипа в формирование длины колоса и его плотности, количества колосков и

зёрен в колосе (Таблица 1).

Таблица 1 – Вклад факторов в формирование селекционно-ценных признаков, %

Признак	Сорт (фактор А)		Год (фактор В)		Взаимод. (А x В)	
	1**	2**	1	2	1	2
Длина колоса	11*	65*	23*	2*	59*	14
Плотность колоса	22*	54*	20*	11*	45*	22*
Количество колосков	11*	89*	29*	2*	55*	5*
Количество зерен	6*	69*	30*	7*	54*	16*
Масса зерна с колоса	2*	37*	28*	18*	45*	26*

Примечание * – вклад фактора достоверен на уровне 0,95;

**1 – набор сортов, изученный в 2018-2020 гг.; 2 - набор сортов, 2019-2021 гг.

Выявленные тенденции различной генотипической реакции на факторы среды обосновывают возможность отбора образцов, характеризующихся высокой адаптивностью к региональным условиям, что очень важно для селекции.

При оценке 1 набора генотипов стабильная достоверная корреляционная зависимость (при $P \geq 0,95$) во все годы исследований была выявлена только между урожайностью и плотностью колоса ($r = 0,35 \dots 0,49$) и массой 1000 зёрен ($r = 0,52 \dots 0,80$). У 2 набора не удалось выявить ни одного параметра, который бы во все три года исследований был стабильно связан с урожайностью.

Таким образом, изучение коллекционных образцов в конкретных почвенно-климатических условиях в течение нескольких лет остаётся наиболее объективной оценкой исходного материала на адаптивность и уровень развития селекционно-ценных признаков. Из изученного набора образцов следует обратить особое внимание на генотипы, характеризующиеся высокой плотностью колоса и массой 1000 зёрен.

3.1.2 Урожайность и элементы ее структуры

Группировка изученных коллекционных образцов показала, что урожайность среди образцов одного географического происхождения значительно варьирует ($CV = 1,0 \dots 41,0$ %) в природно-климатических условиях Кировской области. Так, например, у сортов отечественной селекции данный показатель изменялся от 224 г/м^2 (Таусень) до 517 г/м^2 (Ворсинский 2), у сортов из Белоруссии – от 183 г/м^2 (Фобос) до 509 г/м^2 (Рейдер) (Восточная Европа); Германии – от 186 г/м^2 (Princesse) до 465 г/м^2 (Калькюль) (Западная Европа); США – от 180 г/м^2 (Tamalpais) до 424 г/м^2 (Tetonia) (Северная Америка). В этой связи наши исследования согласуются с выводами других авторов (Куц С.А., Родина Н.А., 2007; Бутакова О.И. и др., 2011 и др.), что генотипы, обладающие высокой урожайностью в условиях региона, можно найти среди образцов любого эколого-географического происхождения.

Урожайность коллекционных образцов в 2018-2021 гг. составляла в среднем 341 ± 7 г/м². В целом по опыту урожайностью на уровне стандартного сорта Белгородский 100 обладал 41 генотип. Наиболее благоприятные условия для проявления потенциальных возможностей генотипов сложились в 2020 году, что способствовало формированию высокой урожайности. Отмечалось значительное варьирование признака ($CV = 25,3\%$) от 180 г/м² (Tamalpais) до 697 г/м² (Cooper). Урожайность образцов определялась отдельными элементами его структуры, так вегетационный период 2020 г. был наиболее благоприятным для формирования большинства элементов в 1 наборе образцов: общей ($2,3 \pm 0,2$ шт./раст.) и продуктивной кустистости ($2,0 \pm 0,1$ шт./раст.), длины колоса ($6,4 \pm 0,2$ см), количества колосков (многорядные образцы – $38,3 \pm 2,3$ шт.), озерненности (двурядные – $19,4 \pm 0,3$ шт., многорядные – $29,0 \pm 1,8$ шт.), массы зерна с растения ($1,58 \pm 0,08$ г), массы 1000 зёрен ($43,2 \pm 1,2$ г); во 2 наборе образцов: общей ($2,4 \pm 0,1$ шт./раст.) и продуктивной кустистости ($2,1 \pm 0,1$ шт./раст.), длины колоса ($7,1 \pm 0,2$ см), плотности колоса ($12,9 \pm 0,2$), количества колосков (двурядные образцы – $19,8 \pm 0,6$ шт.), озерненности (двурядные – $19,8 \pm 0,55$), массы зерна с колоса ($0,98 \pm 0,03$ г), массы зерна с растения ($1,72 \pm 0,08$ г). Тогда как условия вегетации 2019 г. позволили растениям сформировать в 1 наборе образцов более плотный колос ($12,8 \pm 0,2$), большее количество колосков в колосе у двурядных образцов ($21,2 \pm 0,4$ шт.), высокую массу зерна с колоса ($1,00 \pm 0,03$ г), а во 2 наборе более озернённый колос у многорядных образцов ($32,6 \pm 9,3$ шт.). При оценке 2 набора сортов также выделены года наиболее благоприятные для развития длинного колоса ($7,1 \pm 0,2$ см – 2020 г., $7,1 \pm 0,2$ см – 2021 г.), высокой массы 1000 зёрен ($46,2 \pm 0,7$ г – 2019 г., $46,2 \pm 0,6$ г – 2020 г.) и большего количества колосков в колосе у многорядных образцов ($43,2 \pm 1,3$ шт. – 2021 г.).

В результате проведенных исследований выделены источники, сочетающие высокую урожайность (образцы Sultan, Filippa, Одесский 115, Rodos, Казьминский, Рейдер и Докучаевский 10) с элементами продуктивности растений: общей и продуктивной кустистостью, длиной и озернённостью колоса, массой зерна с колоса и растения (Калькюль), длиной колоса (Cooper, Bonita, Щедрый, Respect, Медикум 11, Медикум 176 и Омский голозёрный 1), длиной и озернённостью колоса (Bear, Юкатан, Оленёк и 121-13), длиной, плотностью и озернённостью колоса (Irbe (PR-3528), 2033E), длиной, озернённостью и продуктивностью колоса (Буян), плотностью колоса (Куфаль, Fitzroy, 999-93), плотностью и озернённостью колоса (Форвард), озернённостью и продуктивностью колоса (Липень). Выделены образцы, характеризующиеся высокими показателями отдельных признаков: кустистость – NCL 95098; длина колоса – Новичок, Mie, Nahby, Эвергрин, Бадьорий; длина и озернённость колоса – Danuta, Mauritia и Issota; длина, плотность и озернённость колоса, масса зерна с растения – CDC Mc Gwire; плотность колоса и количество колосков – Адам; плотность колоса и масса зерна с растения – Сябра; озернённость колоса, масса зерна с главного колоса и с растения – С-105; продуктивность колоса – 752А и Полярный 14.

3.1.3 Экологическая пластичность и стабильность урожайности коллекционных образцов

В неблагоприятных почвенно-климатических условиях все большее значение приобретает не только потенциальная продуктивность сортов, но и их экологическая устойчивость (Фатыхов И.Ш. и др., 2019). Согласно используемой методике наибольшей экологической пластичностью ($b_i = 1$), когда изменение урожайности соответствовало изменению условий среды, в изучаемых наборах образцов обладали генотипы Местный (к-2930), Landrace, NCL 95098, Форсаж, 121-13, а также высокоурожайные Рейдер, Irbe (PR-3528), Медикум 11 и Буян.

Стабильной урожайностью ($\sigma d^2 \rightarrow 0$) характеризовались образцы Белгородский 100, Адам, а также Калькюль, обладавший высокой урожайностью.

3.2 Исходный материал для селекции сортов ярового ячменя с высоким качеством зерна

Одним из важнейших показателей кормовых достоинств зерна ячменя является содержание белка (Белкина Р.И. и др., 2015). В результате исследований выявлено, что количество белка в зерновке изменялось в зависимости от погодных условий года. Так, установлена высокая достоверная корреляционная зависимость (при $P \geq 0,95$) содержания белка со следующими показателями: количество осадков ($r = 0,95$) и гидротермический коэффициент ($r = 0,81$) за вегетационный период. Кроме того, была установлена отрицательная корреляция между содержанием белка в зерне и суммой эффективных температур за период вегетации ($r = -0,61$). С помощью регрессионного анализа установлено, что накопление белка в зерне зависело от осадков и гидротермического коэффициента за вегетационный период на 89,6% ($R^2 = 0,896$) и 65,7% ($R^2 = 0,657$) соответственно.

Содержание белка в зерне 1 набора изменялось незначительно по годам от 13,1 до 14,5% ($CV = 5,9\%$) и образцам от 12,0 до 16,2% ($CV = 9,1\%$). В 2018 г., при индексе условий окружающей среды (I_j) равном -0,4, диапазон изменчивости содержания белка по генотипам составлял от 10,5 до 16,8% ($CV = 12,7\%$), в 2019 г. ($I_j = -0,6$) – от 10,9 до 15,9% ($CV = 10,7\%$).

Содержание белка в зерне 2 набора изменялось по годам от 11,9 до 13,7% ($CV = 7,2\%$) и образцам от 11,2 до 14,6% ($CV = 6,2\%$). В 2019 г., при I_j равном -0,2 содержание белка в зерне изменялось от 10,9 до 15,1% ($CV = 7,8\%$), в 2021 г. ($I_j = -0,7$) – от 10,2 до 16,0% ($CV = 11,4\%$).

Наиболее благоприятные условия накопления белка в зерне коллекционных образцов сложились в 2020 г. ($I_j = 0,9$ – 1 набор, $I_j = 0,8$ – 2 набор), когда его содержание у 1 набора варьировало от 12,6 до 17,4% ($CV = 8,3\%$), при среднем значении $14,5 \pm 0,2\%$, а у 2 набора – от 12,0 до 15,7% ($CV = 5,9\%$), при среднем значении $13,7 \pm 0,2\%$ (Рисунок 1).

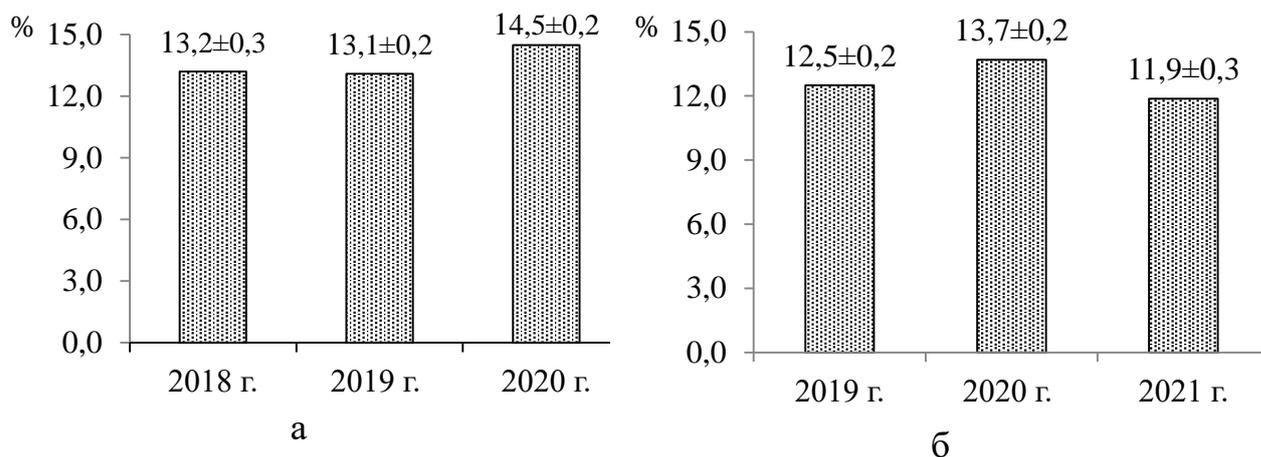


Рисунок 1 – Содержание белка в зерне коллекционных образцов ячменя в зависимости от условий вегетации (в среднем по образцам): а – 1 набор, б – 2 набор

За период исследований наибольшее содержание белка отмечалось у генотипов Landrace, Местный (к-2929), Местный (к-2930) и Макбо. Наряду с ними достоверно превысили стандарт по содержанию белка в зерне образцы Crusades, 752A, Filippa, NCL 95098, Местный (к-5983), Местный (к-3506), Rodos, Полярный 14, Наран, Медикум 125, С-105, Форсаж и 121-13.

Установлены различия по содержанию белка между коллекционными образцами по параметрам экологической пластичности (b_i) и стабильности (σ^2). Наибольшей экологической пластичностью ($b_i = 1$) среди изученных генотипов характеризовались образцы Mie, Щедрый, Медикум 176, а также Полярный 14, отличавшийся высоким содержанием белка. Стабильно высоким содержанием белка в зерне ($\sigma^2 \rightarrow 0$) характеризовался образец Местный (к-5983), стабильным – Ortheга, Эвергрин, 2033Е и Юкатан.

Высокими показателями натуры зерна (до 821 г/л), достоверно превышающими стандарт Белгородский 100 (678 г/л), характеризовались сорта 752A, Landrace, Наран, Щедрый, Куфаль, Адам, Bear и др. На уровне стандарта по показателю «выравненность зерна» (86,0-97,7%) находились образцы Новичок, Crusades, Cooper, Sultan, Mentor, Danuta и др.

3.3 Продолжительность вегетационного периода

Использование сортов, наиболее адаптированных по продолжительности вегетационного периода к условиям выращивания имеет большое значение для получения высоких урожаев. Средняя продолжительность вегетационного периода коллекционных образцов в годы проведения исследований изменялась незначительно и составляла $73,0 \pm 0,3$ сут. ($CV = 5,9\%$) (Рисунок 2).

Группировка изученных коллекционных образцов показала, что среди сортов одного географического происхождения продолжительность вегетационного периода в природно-климатических условиях региона варьирует до 6,7%.

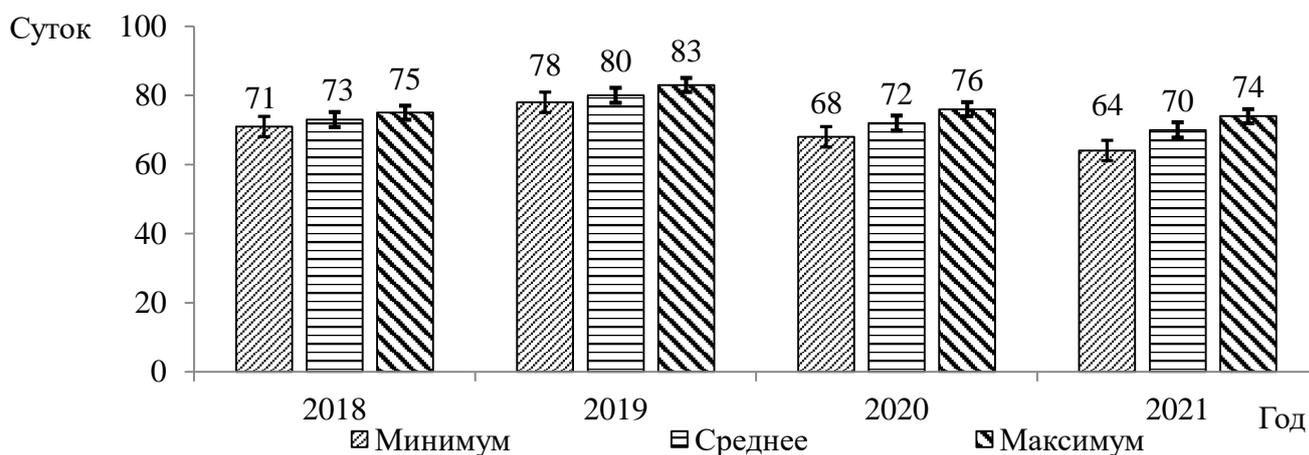


Рисунок 2 – Продолжительность вегетационного периода коллекционных образцов

По результатам исследования все образцы были отнесены к одной группе – среднеспелые. Их вегетационный период в среднем составлял от 72 до 78 сут. Изучение вегетационного периода растений проводили с учетом продолжительности межфазных периодов, так как одновременно созревающие образцы зачастую различались по этому признаку.

Выделены коллекционные образцы для использования в дальнейшем селекционном процессе с целью: сокращения продолжительности вегетационного периода – Макбо, 752А, Landrace, Местный (к-5983), Местный (к-2929), Местный (к-2930), Полярный 14, Наран, Медикум 125, Форсаж и межфазных периодов: «всходы-кущение» – Нахбу и Куфаль; «кущение-выход в трубку» – NCL 95098, Макбо, Issota и 121-13; «выход в трубку-колошение» – Казьминский, С-105 и Липень; «колошение-созревание» – Sultan, 725А, Filippa, Местный (к-5983), Наран, Bear и CDC Mc Gwire; «всходы-кущение» и «колошение-созревание» – Новичок; «всходы-выход в трубку» – Медикум 125; «кущение-колошение» – Докучаевский 10; увеличения межфазных периодов: «всходы-кущение» Mentor, Orthega, 752А, NCL 95098, Макбо, Mie, Issota, Respect и С-105; «кущение-выход в трубку» – Бионик, Crusades, Sultan, Filippa, Адам и 2033Е; «выход в трубку-колошение» – Новичок, CDC Mc Gwire и Омский голозёрный 1; «колошение-созревание» – Местный (к-5983), Rodos, Калькюль, Медикум 176 и Липень. Сочетанием скороспелости и высокой урожайности отличались образцы Казьминский, Форвард, Медикум 11.

3.4 Устойчивость к полеганию коллекционных образцов ячменя

Различающиеся погодные условия в годы проведения исследований способствовали объективной оценке коллекционных образцов. Провокационные условия сложились в 2020 г., когда у 42,7% генотипов устойчивость к полеганию составляла от 4,0 до 7,5 баллов. Наиболее благоприятным был 2021г., когда все генотипы обладали высокой устойчивостью к полеганию от 8,0 до 9,0 баллов (Рисунок 3).

Устойчивость к полеганию, равная 9,0 баллам, была выявлена у образцов: Бионик, Filippa, NCL 95098, Mie, Адам, Issota и Форсаж.

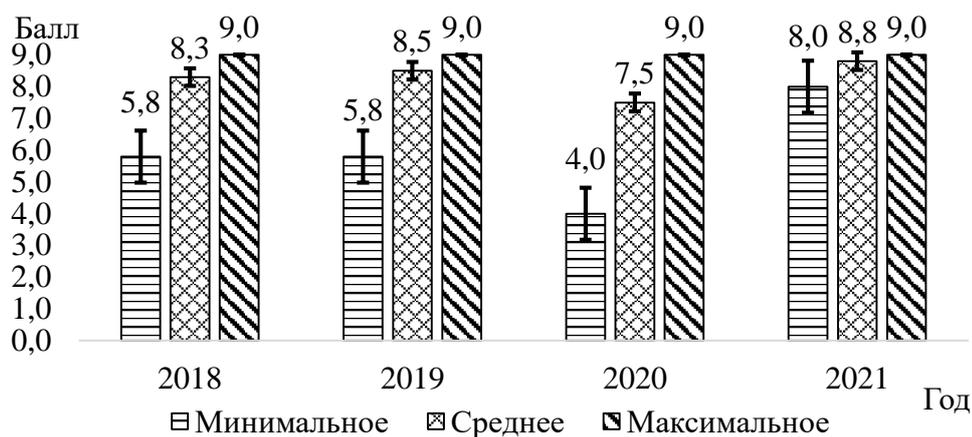


Рисунок 3 – Устойчивость к полеганию коллекционных образцов ячменя

Для выделения наиболее информативного способа оценки исходного материала по устойчивости к полеганию, были рассмотрены признаки и свойства растений, наиболее широко используемые в селекционной практике (Заушинцева А.В. и др., 2008; Раска D., 2015 и др.). Склонность растений к полеганию связывают с различными факторами, среди которых: условия произрастания растений, высота стебля, кустистость, эластичность соломины, морфологические особенности второго нижнего междоузлия и анатомическое строение стебля, количество узловых корней. Проанализировав коллекционные образцы по данным признакам, была установлена статистически значимая связь между устойчивостью к полеганию и следующими показателями в первом наборе образцов: высота растений ($r = -0,70$) и общая кустистость ($r = 0,52$); во 2 наборе только между устойчивостью к полеганию и высотой растений ($r = -0,64$).

Однако следует отметить, что устойчивость к полеганию не в полной мере зависела от высоты растений. Например, в группу «низкорослые» (в соответствии с Международным классификатором СЭВ рода *Hordeum* L. (1983)) вошли сорта NCL 95098 и Filippa, с устойчивостью к полеганию 9 баллов и сорта Makbo и Landrace, устойчивость к полеганию которых была 4,5 и 5,5 баллов соответственно. Схожая картина наблюдалась и в группе «средненизкие». Устойчивость к полеганию в этой группе изменялась от 5,0 баллов Местный (к-2930) до 8,5 баллов (Наран). У большинства устойчивых к полеганию сортов общая кустистость была выше, чем у полегающих образцов. Однако следует отметить, что некоторые неполегающие образцы имели сходное с полегающими значение этого признака. Таким образом, можно заключить, что отбор только по высоте или кустистости растений не всегда бывает эффективен.

Проведенные исследования, не выявили статистически значимой корреляции между устойчивостью к полеганию и длиной, диаметром и массой второго нижнего междоузлия, но была обнаружена значимая связь между длиной второго нижнего междоузлия и его массой ($r = 0,74$ – 1 набор, $r = 0,70$ – 2 набор). Наблюдалась тенденция увеличения массы второго нижнего междоузлия с увеличением его длины, хотя это не было характерно для всех об-

разцов. При изучении коллекционных образцов не выявлено существенного влияния отдельных морфологических особенностей второго нижнего междоузлия на устойчивость к полеганию растений ячменя.

В результате проведенных исследований была обнаружена умеренная корреляционная зависимость урожайности 1 набора образцов от их устойчивости к полеганию ($r = 0,54$). Выявлено, что с увеличением устойчивости растений к полеганию увеличивалась масса зерна с растения ($r = 0,45$) и масса 1000 зёрен ($r = 0,51$).

Для сравнения устойчивых и неустойчивых к полеганию образцов по элементам структуры урожая и морфологическим особенностям второго нижнего междоузлия была проведена их группировка. В результате установлено, что устойчивые к полеганию генотипы имели большую урожайность по сравнению с неустойчивыми в среднем 417 и 276 г/м², соответственно. Кроме того, неполегающие образцы обладали более высокой кустистостью (устойчивые – 2,3 и неустойчивые – 1,6 шт./раст.), продуктивностью растения (1,55 и 1,20 г), массой 1000 зёрен (45,8 и 35,4 г), длинным (6,6 и 4,9 см) и плотным колосом (13,0 и 11,3), выравненным зерном (91,0 и 55,1%). Неустойчивые к полеганию образцы отличались только высоким содержанием белка (13,0%, 15,3%). Более высокая озёрность (19,1 и 28,9 шт.) и натура зерна (687 и 786 г/л) полегающих образцов объясняется наличием в их группе многорядных ячменей. По остальным показателям эти группы отличались не значительно.

В результате группировки генотипов 2 набора не выявлено различий между устойчивыми и неустойчивыми к полеганию образцами по элементам структуры урожайности.

Для дальнейшей селекционной работы выделены образцы, сочетающие высокую урожайность с устойчивостью к полеганию и рядом селекционно-ценных признаков: Cooper, Sultan, Bonita, Filipa, Rodos, Одесский 115, Казьминский, Щедрый, Рейдер, Куфаль, Bear, Калькюль, Respect, Fitzroy, 2033E, Юкатан, Irbe (PR-3528), Докучаевский 10, Липень, 999-93, Форсаж, Форвард, 121-13 и Омский голозёрный 1. Устойчивые к полеганию образцы CDC Mc Gwire, Эвергрин, Mauritia, Issota, Бадьорий, Медикум 125, Бионик, Crusades, Mentor, Orthega, Danuta, NCL 95098, Нахбу, Mie, Сябра, Rodos, Наран и Адам необходимо скрещивать с высокоурожайными генотипами.

3.5 Устойчивость к болезням

Оценку коллекционных образцов по устойчивости к пыльной головне проводили в условиях естественного инфекционного фона и при искусственном заражении суспензией *U. nuda*. Уровень естественной инфекционной нагрузки патогена был достаточно слабым, о чём косвенным образом свидетельствует максимальное в опыте поражение образцов 752А (поражение по годам от 5,4 до 9,0%), Казьминский (от 1,6 до 10,7%) и Медикум 11 (от 3,8 до 10,1 %). В этих условиях большинство изученных коллекционных образцов

характеризовались высокой устойчивостью к пыльной головне, образцы Crusades, Filippra, Сябра и Эвергрин не поражались за все годы изучения.

Изучение на инфекционном фоне показало, что в изучаемом генофонде не было иммунных к *U. nuda* образцов. Практически все они являлись восприимчивыми к патогену (поражение 100 %). Относительно слабая восприимчивость отмечалась у образцов Landrace (33,3%) и Медикум 125 (22,2%). Таким образом, перспективными для селекции являются Crusades, Filippra, Сябра и Эвергрин, Landrace и Медикум 125.

По результатам оценки коллекционных образцов в естественных условиях установлено, что степень поражения генотипов сетчатой пятнистостью в годы изучения варьировала в 1 наборе генотипов от 0 до 22,0% (2019 г.), во 2 – от 5,0 до 44,0% (2021 г.). Высокой устойчивостью к *Drechslera teres* обладали 17 образцов из 1 набора. Большинство образцов 2 набора имели среднюю устойчивость к патогену. Наименьшая степень поражения сетчатой пятнистостью отмечалась у генотипов Makbo, Landrace, Местный (к-2929) и др. (Таблица 3).

Таблица 3 – Коллекционные образцы с наименьшей степенью поражения сетчатой пятнистостью

Генотип	Поражение сетчатой пятнистостью, %		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Crusades	5,5	6,0	5,2
Cooper	5,5	6,0	5,5
NCL 95098	5,5	6,0	4,3
Landrace	3,3	5,5	4,7
752A	0,0	5,5	6,0
Местный (к-2929)	0,5	5,5	5,2
Местный (к-2930)	5,5	5,0	5,2
Makbo	0,0	4,0	2,3
Сорт-индикатор	22,0	20,0	19,5

Степень поражения тёмно-бурой пятнистостью по годам изменялась от 1,0 до 29,0% (2019 г.) в первом наборе и от 8,0 до 27,5% (2021 г.) во 2 наборе генотипов. Большинство образцов обладали средней устойчивостью к *Drechslera Sorokiana*. Наименьший процент поражения тёмно-бурой пятнистостью отмечался у образцов Danuta и Makbo (Таблица 4).

Таблица 4 – Устойчивые к тёмно-бурой пятнистости коллекционные образцы

Генотип	Поражение тёмно-бурой пятнистостью, %		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Danuta	11,0	10,0	8,5
Makbo	5,5	11,0	11,0
Сорт-индикатор	10,0	29,0	18,7

В 1 наборе генотипов степень поражения полосатой пятнистостью в годы проведения исследований варьировала от 0 до 40,0% (2019 г.), во вто-

рой – от 0 до 10,0% (2020 г.). Изученные образцы обладали высокой устойчивостью или иммунитетом к *Drechslera graminea*, за исключением восприимчивого образца Полярный 14, процент поражения которого данным заболеванием составил 40,0%.

Таким образом, источником устойчивости ко всем изученным гельминтоспориозным пятнистостям является генотип Макбо, к сетчатой и полосатой пятнистостям – Crusades, Landrace, Местный (к-5983), Местный (к-2929), Местный (к-2930), к сетчатой пятнистости – Cooper, Mentor, Ortheга, 752А, Filippa, NCL 95098, Mie, Сябра, Rodos, Наран и Казьминский, к тёмно-бурой пятнистости – Danuta, к полосатой пятнистости – Новичок, Местный (к-3506), Щедрый, Эвергрин, Калькюль, Mauritia, Юкатан, Irbe (PR-3528), Докучаевский 10 и Форвард.

3.6 Устойчивость коллекционных образцов к абиотическим факторам внешней среды

3.6.1 Устойчивость к осмотическому стрессу

Для оценки устойчивости коллекционных образцов к осмотическому стрессу на стадии проростков была проведена серия лабораторных опытов. В ходе анализа определяли способность семян прорасти в растворе осмотика (ПЭГ-600) и индекс RSR, показывающий относительное перераспределение потоков пластических веществ между корневой системой и надземными органами.

По устойчивости к засухе (процент проросших семян) изученные сорта разделились на следующие группы:

- высокоустойчивые (процент проросших семян – 81-100%): Новичок, Бионик, Казьминский, Щедрый, Наран, 999-93, Форвард, 121-13, Омский голозёрный 1, Оленёк, Сябра Адам, Рейдер, Куфаль, Липень (Республика Беларусь), Cooper, Sultan, Ortheга, Danuta, Калькюль, 752А, Bonita, NCL 95098, Landrace, Местный (к-5983), Местный (к-3506), Местный (к-2929), Макбо, Одесский 115, Rodos, Bear, CDC MC Gwire, Эвергрин, 2033Е, Медикум 11, Irbe (PR-3528);
- с устойчивостью выше средней (процент проросших семян – 61-80%): Белгородский 100, Бионик, Полярный 14, С-105, Crusades, Filippa, Нахбу, Местный (к-2930), Mie, Issota, Юкатан, Медикум 125, Медикум 176;
- среднеустойчивые (процент проросших семян – 41-60%): Mentor, Mauritia, Respect, Fitzroy, Бадьорий, Докучаевский 10, Буян, Форсаж.

Толерантностью к засухе характеризовались генотипы Bonita, Irbe (PR-3528), Cooper, Danuta, Rodos, Одесский 115, Полярный 14, Адам, Медикум 11, 121-13 и С-105, сочетавшие высокие показатели лабораторной всхожести в условиях осмотического стресса и наименьшее отклонение RSR.

К засухоустойчивым также можно отнести образцы, не обладавшие высокой RSR, но имеющие наименьшее отклонение этого показателя и высокую лабораторную всхожесть: Бионик, 752А, NCL 95098, Местный сорт (к-3506), Казьминский и Bear (Таблица 5).

Таблица 5 – Коллекционные образцы с наименьшим отклонением RSR

Сорт	Всхожесть, %		RSR, %		Отклонение RSR, %
	контроль	опыт	контроль	опыт	
Белгородский 100 (стандарт)	88,9	66,7	83,3	169,2	103,0
Бионик	84,4	84,4	123,1	99,4	19,2
Cooper	76,7	68,9	106,3	146,4	37,7
Danuta	76,7	72,2	99,1	126,7	27,8
752A	74,4	73,3	91,5	90,6	1,0
Vonita	84,4	82,2	91,4	118,6	29,6
NCL 95098	91,1	76,6	129,0	128,8	0,2
Местный сорт (к-3506)	84,5	74,4	60,5	46,1	23,7
Одесский 115	97,8	77,8	107,0	119,3	11,5
Rodos	88,9	77,8	77,0	85,7	11,4
Полярный 14	88,9	71,1	96,7	131,9	36,4
Казьминский	93,3	78,9	129,4	108,9	15,8
Адам	85,6	77,8	149,6	174,9	16,9
Bear	87,8	78,9	160,0	128,2	19,8
Медикум 11	53,3	78,9	97,6	130,7	34,0
Irbe (PR-3528)	84,4	82,2	100,5	131,4	30,8
C-105	83,3	63,3	96,6	79,5	17,7
121-13	66,7	58,9	143,6	155,2	8,1

Таким образом, для дальнейшей селекционной работы выделены источники устойчивости к осмотическому стрессу на ранних этапах развития растений ячменя.

3.6.2 Устойчивость к алюмокислотному стрессу

Отдельные генотипы используют различные механизмы устойчивости к алюмокислотному стрессу, следовательно, логичнее использовать сразу несколько параметров для оценки уровня устойчивости растений к стрессовому воздействию.

Лабораторная оценка образцов показала генотипические различия по устойчивости к повышенному содержанию ионов алюминия в среде. Так, по уровню алюмоустойчивости (по показателю ИДК) изучаемые образцы распределились на две группы: умеренно устойчивые (ИДК = 50-65%) – сорта Crusades, Cooper, Sultan и Filipra и устойчивые (ИДК свыше 65%) – все остальные сорта. Кроме того, у образцов Нахбу (ИДК=110,3%), Полярный 14 (ИДК=102,1%), 2033E (110,9%), Медикум 11 (105,3%), Медикум 176 (100,3%), Докучаевский 10 (107,1%), Форвард (100,4%) и 121-13 (104,2%) был отмечен стимулирующий эффект алюминия на рост корневой системы (ИДК>100 %).

По показателю RSR выделены образцы, устойчивые к алюмокислотному стрессу: Бионик (149,6%), Mentor (115,5%), Ortheга (115,7%), NCL 95098 (108,4%), Местный (к-2929) (112,7%), Местный (к-2930) (107,5%), Одесский

115 (101,4%), Сябра (102,8%), Полярный 14 (103,0%), Адам (101,4%), Калькюль (100,5%), Mauritia (101,0%), Issota (101,3%), Respect (110,3%), 2033E (109,4%), Медикум 11 (107,6%), Докучаевский 10 (106,5%).

Самыми устойчивыми к повышенному содержанию ионов алюминия являются сорта Медикум 176 и Форвард, их суммарный индекс устойчивости (сумма отклонений ИДК и RSR) равнялся 2,0 и 1,0% соответственно.

Таким образом, в качестве исходного материала для создания сортов, устойчивых к алюмокислотному стрессу (по суммарному индексу устойчивости) рекомендуется использовать коллекционные образцы: Бионик, NCL 95098, Местный (к-2930), Одесский 115, Сябра, Полярный 14, Новичок, Нахбу, Rodos, Наран, Казьминский, Рейдер, Адам, Bear, Калькюль, Mauritia, Issota, Respect, Юкатан, 2033E, Медикум 11, Медикум 125, Медикум 176, Irbe (PR-3528), Докучаевский 10, Форвард и 121-13.

ГЛАВА 4 ПОДБОР РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ

Подбор родительских форм для гибридизации был проведен на основе кластерного анализа. Основой для его проведения являлись фенотипические особенности коллекционных образцов ярового ячменя. Для изучения степени сходства реакции образцов на условия выращивания были использованы показатели: урожайность и элементы её структуры, масса 1000 зёрен, устойчивость к полеганию и продолжительность вегетационного периода. По результатам проведённого анализа изученные группы образцов сформировали несколько кластеров.

В 1 наборе к 1 кластеру отнесены образцы, характеризовавшиеся высокой массой зерна с колоса. Во 2 кластер вошли генотипы, отличавшиеся наибольшей общей и продуктивной кустистостью, плотностью колоса, массой зерна с растения и устойчивостью к полеганию. Образцы из 3 кластера в годы изучения формировали длинный колос. Генотипы, сформировавшие 4 кластер, имели высокие показатели урожайности и массы 1000 зёрен (Таблица 6).

Таблица 6– Сформированные кластеры

Кластер	Коллекционные образцы
1 набор образцов	
1	Макбо, Landrace, Полярный 14, Местный (к-5983), Местный (к-3506), Местный (к-2929), Местный (к-2930), 752А
2	Бионик, Crusades, NCL 95098, Mentor, Ortheга, Сябра, Адам
3	Новичок, Sultan, Filippa, Danuta, Нахбу, Mie, Наран, Одесский 115, Казьминский
4	Белгородский 100, Cooper, Vonita, Rodos, Щедрый, Рейдер, Куфаль
2 набор образцов	
1	CDC Mc Gwire, Mauritia, Issota, Бадьорий, Irbe (PR-3528), С-105
2	Эвергрин, Respect, Fitzroy, 2033E, Медикум 11, Медикум 125, Медикум 176, 121-13, Омский голозёрный 1
3	Bear, Юкатан, Липень, Форсаж, Форвард
4	Белгородский 100, Калькюль, Докучаевский 10, Буян, Оленёк, 999-93

Генотипы 2 набора, вошедшие в 1 кластер, выделялись по длине колоса и массе зерна с главного колоса и растения. Образцы из 2 кластера отличались высокой массой 1000 зёрен, а 3 – устойчивостью к полеганию. 4 кластер включал образцы, характеризовавшиеся высокой продуктивной кустистостью, плотностью и урожайностью.

Таким образом, для дальнейшей селекционной работы представляют интерес в 1 наборе образцов второй и четвёртый кластеры, во 2 наборе – первый и четвёртый. При подборе родительских пар для скрещиваний следует выбирать образцы из разных кластеров.

ГЛАВА 5 СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ

5.1 Гибридный материал

На основании данных кластерного анализа были подобраны родительские формы и включены в скрещивания. Для анализа величины гетерозиса были использованы экспериментальные данные элементов структуры продуктивности гибридов первого поколения F_1 , созданных с участием 8 коллекционных образцов.

По массе зерна с главного колоса и с растения гипотетический и истинный гетерозис наблюдался в комбинациях Crusades x Феникс и Crusades x Sultan, по массе зерна с растения – Полярный 14 x NCL 95098. В комбинации Crusades x Феникс отмечался также конкурсный гетерозис по массе зерна с главного колоса и с растения, а по массе зерна с главного колоса – в комбинации Crusades x Sultan. Кроме того, в комбинациях Crusades x Феникс и Crusades x Sultan гипотетический, истинный и конкурсный гетерозис установлен по большинству элементов структуры урожайности: общая и продуктивная кустистость, параметры колоса (плотность, длина, количество колосков и зёрен). Однако из-за наследования значительной части этих параметров по типу сверхдоминирования отборы из данных комбинаций следует проводить в более поздних поколениях. В комбинации Полярный 14 x NCL 95098 также наблюдался гетерозис по некоторым элементам структуры урожая: гипотетический и конкурсный – по общей и продуктивной кустистости и плотности колоса, истинный – по продуктивной кустистости, конкурсный – по количеству колосков. Но у данной комбинации наблюдалась низкая устойчивость к полеганию.

Наибольшее количество комбинаций, характеризующихся превосходством гибридов над родительскими формами по гипотетическому, истинному и конкурсному гетерозису, отмечалось по параметру «плотность колоса».

Таким образом, перспективными для дальнейшей селекционной работы являются гибридные комбинации Crusades x Феникс, Crusades x Sultan и Crusades x NCL 95098.

5.2 Перспективный селекционный материал ячменя

На всех этапах селекционного процесса изучался гибридный материал, созданий с использованием в качестве компонентов скрещивания 45 коллекционных образцов, выделенных по селекционно-ценным признакам, по 120 комбинациям. Получено 2985 гибридных зерен, удача скрещиваний в среднем составляла 44,9 %.

Полученный новый исходный материал в 2022 г. изучался на различных этапах селекционного процесса. В гибридном питомнике F_2 оценено 1016 гибридных популяций, после оценки по продуктивности, устойчивости к полеганию и болезням, отобраны элитные растения. В контрольном питомнике оценено 338 селекционных линий. Средняя урожайность их составляла 561 ± 25 г/м², стандарта Родник Прикамья – 511 г/м². Максимальной в опыте урожайностью отличались линии, созданные с участием коллекционных образцов Crusades, Sultan, Михайловский, Lamba, Patricia и др. Для дальнейшего изучения выделена 81 линия (24,0 %) достоверно превышающая стандарт по урожайности.

В предварительном сортоиспытании выделялись сорта, полученные с участием образцов Форсаж, Sv 88764, Дуэт, Annabel и Двина; в конкурсном сортоиспытании – Нур, Михайловский, Петр и др. Полученные данные подтверждают перспективность использования коллекционных образцов для селекции адаптивных к условиям Волго-Вятского региона сортов ячменя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по изучению коллекционных образцов, позволили сделать следующие выводы:

1. Установлен вклад наследственности (генотип) и среды в формирование количественных признаков. Выявлено, что у образцов, изученных в 2018-2020 гг., развитие всех элементов структуры продуктивности зависело от условий вегетации. У образцов, исследованных в 2019-2021 гг., развитие параметров колоса (длина, плотность, количество колосков и зерен) определялось в первую очередь генотипом, в отличие от кустистости и продуктивности растений, состояние которых определяла преимущественно среда.

2. В результате проведенных исследований для условий Нечернозёмной зоны РФ выделены источники: урожайности – 7 образцов, сочетающие высокую урожайность с высокими показателями некоторых элементов продуктивности – 19, высокого содержанием белка – 17, высокой натурной массы – 14, высокой выравненности зерна – 37, наименьшим периодом от всходов до созревания – 13, устойчивости к полеганию – 41, устойчивости к возбудителю пыльной головки (в естественных условиях) – 4, сетчатой пятнистости – 17, тёмно-бурой пятнистости – 2, полосатой пятнистости – 16, к осмотическому стрессу – 17, к алюмокислотному стрессу (по показателям ИДК и RSR) – 27.

3. Определено, что урожайность ячменя зависит от плотности колоса ($r=0,35...0,49$) и массы 1000 зёрен ($r=0,52...0,80$). Наиболее стабильными по-

казателями являлись количество колосков и зёрен в колосе ($CV=9,0\%$ и $9,4\%$ соответственно), плотность колоса ($CV=8,5\%$) и масса 1000 зёрен ($CV=8,5\%$).

4. Выявлена высокая достоверная корреляционная зависимость (при $P \geq 0,95$) содержания белка со следующими показателями: количество осадков ($r = 0,95$) и гидротермический коэффициент ($r = 0,81$) за вегетационный период.

5. Выделены образцы, обладающие высокой пластичностью по показателям «урожайность» – Рейдер, Местный (к-2930), Landrace, NCL 95098, Медикум 11, Irbe (PR-3528), Форсаж, 121-13 и «содержание белка» – Полярный 14, Мие, Щедрый, Медикум 176, сочетающие высокую экологическую пластичность и урожайность – Рейдер, Irbe (PR-3528), Медикум 11, Буян, отличающиеся стабильно высоким содержанием белка в зерне – Местный (к-5983) и стабильно высокой урожайностью – Калькюль.

6. В результате кластерного анализа сформированы группы образцов для дальнейшего их использования в качестве компонентов скрещивания.

7. На всех этапах селекционного процесса проходит испытания перспективный селекционный материал, созданный с участием лучших коллекционных образцов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКИ

1. При создании новых высокопродуктивных сортов ячменя в регионах по агроклиматическим и почвенным ресурсам схожими с условиями Кировской области, рекомендуется использовать в гибридизации выделенные источники селекционно-ценных признаков.

2. Для получения высокоурожайных сортов ячменя необходимо учитывать тесную корреляцию урожайности с признаками: плотность колоса и масса 1000 зёрен.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в российских журналах, индексируемых в РИНЦ, ВАК

1. Зайцева, И.Ю. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу / Л.П. Кокина, И.Н. Щенникова, И.Ю. Зайцева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2018. - № 5 (66). - С. 40-44. [618.https://elibrary.ru/item.asp?id=36515663](https://elibrary.ru/item.asp?id=36515663) (К1 РИНЦ)

Публикации в российских и международных изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science

2. Зайцева, И.Ю. Сопряженность морфологических признаков с устойчивостью к полеганию ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона / И.Ю. Зайцева, И.Н. Щенникова // Труды по прикладной ботанике, генетике и

селекции. 2020. Т. 181. № 3. С. 32-40.28. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-32-40> (К2 РИНЦ)

3. Zaytseva, I. Yu. Initial material for breeding drought-resistant varieties of spring barley in the conditions of the Volga-Vyatka region / I. Yu. Zaytseva, L.V. Mamaeva, I. N. Shchennikova, L.P. Kokina, E.V. Dyagileva // E3S Web of Conferences 2021; 254 (9):01022 (2021) DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401022>

4. Адаптивность высокобелковых генотипов ячменя в условиях Волго-Вятского региона / И.Ю. Зайцева, И.Н. Щенникова, Л.В. Панихина, Е.В. Дягилева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. №. 4. С. 30-38. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-30-38> (К2 РИНЦ)

Методические рекомендации

5. Зайцева, И.Ю. Биоресурсы ячменя ярового для селекции новых коммерческих сортов в условиях Волго-Вятского региона. Методическое руководство / И.Н. Щенникова, Т.К. Шешегова, И.Ю. Зайцева, Л.П. Кокина, О.Н. Ковалева Под редакцией академика РАН Г. А. Баталовой. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2022. 28 с. (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2022/Биоресурсы-ячменя-2022.pdf>

В сборниках трудов

6. Зайцева, И.Ю. Влияние высоты растений ячменя на устойчивость к полеганию / И.Ю. Зайцева, И.Н. Щенникова // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Материалы IV Международной научно-практической конференции. 2018. С. 98-102.

7. Зайцева, И.Ю. Селекция устойчивых к полеганию сортов ячменя / И.Ю. Зайцева // ЗНАНИЯ МОЛОДЫХ: НАУКА, ПРАКТИКА И ИННОВАЦИИ. Сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 21-25.

8. Зайцева, И.Ю. Исходный материал для селекции ярового ячменя / И.Ю. Зайцева, И.Н. Щенникова // Материалы V Международной научно-практической конференции "Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве". 2019. С. 30-34.011.

9. Зайцева, И.Ю. Исходный материал для селекции ячменя в условиях Волго-Вятского региона / И.Ю. Зайцева // Знания молодых: наука, практика и инновации. Сборник научных трудов XVIII международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 6-10.

10. Зайцева, И.Ю. Селекционная ценность алюмотолерантных сортов ярового ячменя / И.Ю. Зайцева, Л.П. Кокина // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Материалы VI Международной научно-практической конференции (к 125-летию Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого). 2020. С. 86-90.

11. Зайцева, И.Ю. Исходный материал для селекции сортов ярового ячме-

ня, толерантных к абиотическим стрессам / И.Ю. Зайцева, Л.П. Кокина // Международная конференция «Генофонд и селекция растений» (Новосибирск, 11–13 ноября 2020 г.) / Федер. исслед. центр Ин-т цитологии и генетики Сиб. Отделения Росс. академии наук. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2020. С. 108-113.

12. Зайцева, И.Ю. Болезни ярового ячменя, распространенные в Волго-Вятском регионе РФ / Е.В. Дягилева, И.Ю. Зайцева // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И.А. Устюжанина. Киров, 2021. С. 307-314.

13. Зайцева, И.Ю. Селекционная ценность мирового генофонда *Hordeum vulgare* в условиях Волго-Вятского региона / И.Ю. Зайцева, И.Н. Щенникова // V Вавиловская международная конференция: к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 г.: тезисы докладов: научное электронное издание; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. – Санкт-Петербург: ВИР, 2022. С. 273-274.