

На правах рукописи

ЩЕННИКОВА
Ирина Николаевна

**СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ДЛЯ
УСЛОВИЙ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА**

Специальность 06.01.05 – «Селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Москва - 2016

Диссертационная работа выполнена в лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Зональный научно–исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»

Научный консультант – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, член–корреспондент РАН
Баталова Галина Аркадьевна

Официальные оппоненты: **Пыльнев Владимир Валентинович**,
доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры генетики, биотехнологии,
селекции и семеноводства Российского государственного
аграрного университета – Московской сельскохозяйственной
академии имени К.А. Тимирязева;
Малько Александр Михайлович,
доктор сельскохозяйственных наук,
директор Федерального государственного бюджетного
учреждения «Российский сельскохозяйственный центр»
Министерства сельского хозяйства Российской Федерации;
Кузьмин Николай Александрович,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры лесного дела, агрохимии и экологии
ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет
имени П.А. Костычева

Ведущая организация – ФГБОУ ВО Вятская государственная
сельскохозяйственная академия

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 2016 года в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 006.049.01 при Московском научно-исследовательском институте сельского хозяйства «Немчиновка» по адресу: 143026, Московская обл., Одинцовский район, п. Немчиновка-1, ул. Калинина, дом 1.

Тел. 8 (495) 591-87-54; E-mail: eii-mas@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского НИИСХ «Немчиновка» и на сайте института www.nemchinowka.ru

Автореферат разослан " ____ " _____ 2016 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Мерзликин
Анатолий Сергеевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – одна из ведущих зерновых культур мира, занимает по площадям четвертое место после пшеницы, риса и кукурузы. Повсеместное распространение обусловлено в значительной мере его разносторонним использованием и рядом ценных биологических особенностей. Ячмень в Российской Федерации является основным концентрированным кормом для животных и сырьём для перерабатывающей промышленности. Успешное решение проблемы производства фуражного зерна в объемах, необходимых для удовлетворения потребностей Волго–Вятского региона, возможно при комплексном решении ряда проблем (Баталова Г.А., 2013). С одной стороны, это подъем урожая за счет расширения площадей под ячменём и соблюдения научно обоснованных технологий выращивания, с другой – целенаправленная селекция, т.е. создание экологически пластичных, высокоурожайных сортов, адаптивных к региональным абиотическим и биотическим стрессорам среды.

Степень разработанности темы. Вопросы по изучению генетики, 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. Косяненко и др.

В настоящее время отечественными и зарубежными селекционерами созданы сорта, обладающие высоким потенциалом продуктивности. В благоприятные годы, используя биоклиматический потенциал региона, они обеспечивают получение достаточно высокого урожая. Однако вследствие низкой их адаптивности происходят резкие колебания урожайности по годам. Таким образом, остро стоит проблема создания сортов способных противостоять действию абиотических и биотических стрессоров. Наряду с этим, важным является и научное обоснование способов повышения урожайности и посевных качеств семян ячменя.

Потребность в сортах ярового ячменя с высоким адаптивным потенциалом для Волго–Вятского региона России определяет актуальность темы исследований, её научное и практическое значение.

Цель исследований – обосновать направления селекции ярового ячменя и разработать модели сортов; создать высокоурожайные и устойчивые к биотическим и абиотическим стрессам сорта, адаптивные к условиям Волго–Вятского региона РФ.

В задачи исследований входило:

- оценить потенциал урожайности ярового ячменя в зависимости от обеспеченности агроклиматическими ресурсами в различные этапы органогенеза;
- изучить генетические ресурсы мирового разнообразия ячменя, выделить ценные источники и доноры хозяйственно ценных признаков на основе оценки комбинационной способности и анализа генетического контроля основных количественных признаков применительно к задачам селекции в условиях Волго–Вятского региона;
- определить эффективность методологии создания стрессоустойчивых

сортов, включающей использование регенерантных линий ячменя, полученных методом клеточной селекции;

- на основе изучения закономерностей формирования продуктивности разработать модели сортов двурядного и многорядного ячменя для Волго-Вятского региона РФ;

- создать и внедрить в производство высокоурожайные адаптивные сорта ярового ячменя и дать им хозяйственно–биологическую и экономическую оценку;

- изучить влияние некоторых элементов сортовой технологии на урожайность и посевные качества семян ярового ячменя.

Работа выполнена в 1993–2014 гг. в лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Зональный научно–исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока») в условиях Волго-Вятского региона Российской Федерации в соответствии с планом научно–исследовательских работ № государственной регистрации 15070.6111004668.06.8.005.5 и 15070.6111004668.06.8.002.2 и является итогом многолетних исследований автора, а также работ, выполненных совместно с научными сотрудниками лаборатории иммунитета и защиты растений, лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов и аналитической лаборатории.

Научная новизна работы. Впервые проведена комплексная оценка обширного генофонда пленчатого и голозерного ячменя, сформирована рабочая коллекция новых эффективных генетических источников и доноров хозяйственно ценных признаков для создания сортов ярового ячменя. Установлены закономерности изменчивости и взаимосвязи хозяйственно ценных признаков, с учётом которых обоснован подбор новых родительских пар для гибридизации и отбор селекционно-ценных линий для условий Волго–Вятского региона. Определена комбинационная способность новых источников по хозяйственно ценным признакам и обоснована перспективность их использования в селекционной практике в качестве компонентов скрещиваний.

Впервые для условий Волго–Вятского региона разработана и внедрена в селекционный процесс методология скрининга толерантных к почвенной кислотности генотипов ячменя, основанная на комплексной последовательной оценке генофонда в процессе лабораторной экспресс-диагностики, полевого провокационного фона и использования в качестве исходного материала наряду с линиями гибридного происхождения линий-регенерантов, созданных с использованием метода сельскохозяйственной биотехнологии.

Впервые разработаны модели перспективных сортов двурядного и многорядного ярового ячменя целевого назначения для условий Волго–Вятского региона. Оптимизированы элементы сортовой технологии для получения высококачественных семян новых сортов ярового ячменя.

При личном участии автора создано восемь сортов ярового ячменя. Новизна научных исследований защищена патентами на сорта Новичок (с долей участия 15,0%), Тандем (5,0%), Родник Прикамья (13,0%), Купец (30,0%),

Памяти Родины (30,0%).

Теоретическая и практическая значимость работы определяется важностью конечных результатов как для селекционной практики, так и для производства. Дано теоретическое обоснование новым подходам в оценке исходного и селекционного материала в изменяющихся погодных условиях. Выделенные источники и доноры, а также созданные на их основе гибриды с ценными в хозяйственном отношении признаками используются в селекционных программах для решения проблем селекции ячменя по различным направлениям. Научно обосновано применение регенерантных линий ячменя и усовершенствована технология селекции сортов, толерантных к алюмокислому и/или осмотическому стрессам.

Разработаны (в соавторстве) и предложены для практического использования «Методическое пособие по созданию и оценке исходного материала для селекции ячменя, устойчивого к токсичности алюминия» (2012), «Методические указания по селекции ячменя и овса» (2014).

С использованием научно-теоретических разработок создано (в соавторстве) восемь сортов ярового ячменя, четыре из которых включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации. Два сорта проходят государственное испытание.

Создание пластичных, высокоурожайных, устойчивых к почвенной кислотности сортов Новичок и Тандем позволило повысить эффективность производства зерна ячменя в условиях низкого плодородия и повышенной кислотности дерново-подзолистых почв Волго–Вятского региона. Адаптивные и ценные по качеству сорта Родник Прикамья и Памяти Родины могут использоваться на фуражные и продовольственные цели.

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), статистический (математический анализ полученных результатов исследований) и экономический методы исследований.

Научные положения, выносимые на защиту:

- теоретически обосновано повышение результативности селекции в условиях усиливающейся нестабильности агроклиматических ресурсов при использовании генотипов, выносливых к недостатку влаги в фазу кущения и высоких температур в фазу колошения;

- использование источников и доноров хозяйственно ценных признаков, выделенных в условиях агроклиматических и почвенных ресурсов Волго-Вятского региона, обеспечит селекцию высокоурожайных адаптивных сортов ярового ячменя;

- использование регенерантов, созданных методом клеточной селекции на селективных средах с алюмокислым и/или осмотическим стрессами, перспективно для скрининга стрессоустойчивых сортов;

- созданные в соответствии с разработанными моделями новые сорта дву-

рядного и многорядного ячменя обеспечат наиболее полную реализацию потенциала культуры по урожайности и качеству продукции в условиях Волго–Вятского региона;

- новые сорта ярового ячменя существенно превышают стандарты по урожайности и хозяйственно–биологическим признакам;

- ранний срок сева и своевременная уборка обеспечивают повышение урожайности и посевных качеств семян ячменя.

Личный вклад автора. Постановка проблемы, целей и задач исследований, обработка, анализ и обобщение полученных результатов выполнены автором. Экспериментальные работы проведены автором и частично аспирантами под его руководством.

Степень достоверности и апробация работы. Объективность и достоверность полученных результатов подтверждена многолетними исследованиями, анализом обширного экспериментального материала, полученного с применением существующих современных методик, лабораторного оборудования и статистической обработки экспериментальных данных. Основные положения диссертации доложены и одобрены на международных и всероссийских научно–практических конференциях (Киров, 2004, 2005, 2014, 2015, 2016; Краснодар, 2007; Ульяновск, 2008; Санкт–Петербург, 2013), на координационных совещаниях секции зернофуражных культур Россельхозакадемии (Самара, 2006; Ульяновск, 2008; Санкт–Петербург, 2013), на научных сессиях Россельхозакадемии (Киров, 1995), Северо–Восточного РИЦ (Киров, 1998, 2010), школе молодых ученых по эколого–генетическим основам северного растениеводства (Киров, 2012, 2014, 2015, 2016), на заседаниях методической комиссии Северо–Восточного селекцентра и Ученого совета ФГБНУ «НИИСХ Северо–Востока» (1993–2016).

Публикации. Основные материалы и положения диссертации опубликованы в 98 печатных работах, в том числе 30 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. На селекционные достижения получено 5 авторских свидетельств и 5 патентов.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 349 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, 8 глав, выводов, предложений для практической селекции и производства, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 99 таблиц, 44 рисунка и 20 таблиц приложения. Список литературы включает 429 источников, в том числе 67 иностранных авторов.

Автор выражает искреннюю признательность за ценные советы и помощь в выполнении работы научному консультанту доктору с.-х. наук, профессору, члену-корреспонденту РАН Г.А. Баталовой, доктору биол. наук Т.К. Шешеговой, доктору биол. наук Е.М. Лисицыну, кандидату биол. наук О.Н. Шуплецовой, коллегам – сотрудникам лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя.

Считаю своим долгом поклониться светлой памяти учителя – доктора с.–х. наук, члена-корреспондента РАСХН Н.А. Родиной.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Обоснована актуальность проблемы, сформулированы цели и задачи, теоретическая и практическая значимость, сформулированы научная новизна полученных результатов, основные положения, выносимые на защиту, представлены результаты апробации работы.

ПРОБЛЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ В ВОЛГО-ВЯТСКОМ РЕГИОНЕ (обзор литературы)

Аналитический обзор научной литературы отражает современное состояние распространения, классификации, морфологии и биологии, селекции и семеноводства ярового ячменя. Рассмотрены вопросы значения и использования мирового генофонда ячменя по основным направлениям селекции. Уделено внимание особенностям сортовой агротехники, формированию качества семян. Обзор научной литературы и практических рекомендаций предоставил возможность определить основные направления научного поиска и выработать алгоритм исследований по селекции ярового ячменя в Волго-Вятском регионе РФ.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе рассмотрены почвенно-климатические особенности региона, объекты исследований и схемы опытов, методики проведения экспериментов.

Все эксперименты в годы исследований проводили на полях селекционного севооборота НИИСХ Северо-Востока по предшественникам клевер луговой и озимая рожь. Применяли агротехнику общепринятую для центральной зоны Кировской области.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, хорошо окультуренная: содержание гумуса 2,43-3,56%, содержание P_2O_5 – 257–431 мг/кг, K_2O – 232–304 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 4,8–6,9. В пахотном слое алюмокислого участка (НИИСХ Северо-Востока) содержание гумуса – 2,27–2,91%; P_2O_5 – 207–352 мг/кг, K_2O – 160–210 мг/кг почвы, Al^{3+} 0,53–4,32 мг/100 г почвы, рН 3,9–4,4. Почва опытного участка ФГБНУ Фаленская селекционная станция) – рН 3,78–3,76; P_2O_5 – 134–146 мг/кг, K_2O – 78–90 мг/кг, Al^{3+} 17,6–23,2 мг/100 г почвы. Посев проводили в оптимально ранние сроки, минеральные удобрения вносили в дозе 40–60 кг д.в. NPK на га.

1993–2014 гг. различались по погодным условиям вегетационных периодов ячменя (май-август). Количество осадков за вегетационный период меньше нормы (251 мм) отмечено в 1993, 1996, 1999, 2002, 2010, 2011, 2013, 2014 гг., близко к средней многолетней – 1997, 2005 гг. и больше – 1994, 1995, 1998, 2000, 2001, 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2012 гг. Распределение осадков по месяцам было также неравномерным. Майскую засуху наблюдали в 1993,

1996, 2002, 2003, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 гг., июньскую – 1995, 1999, 2001, 2007 гг., в июле неблагоприятные условия были в 1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010 гг. Теплообеспеченность ячменя была достаточно благоприятной.

Объекты исследований:

1. коллекционные образцы ячменя ярового различного эколого-географического происхождения, представлявшие выборку из стран СНГ, Европы, Азии, Америки, Африки и Австралии. В ботаническом отношении коллекционный материал представлен обширным разнообразием плёнчатых и голозёрных ячменей;

2. гибриды F_1 - F_3 , полученные методами внутривидовой гибридизации и скрининга по схемам диаллельных, тестерных и парных скрещиваний, гибридные популяции старших поколений;

3. селекционные линии и перспективные сорта лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока».

4. регенерантные линии, полученные из перспективных линий и сортов лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя, в лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов НИИСХ Северо-Востока путём отбора соматоклональных форм в каллусной культуре на кислых (рН 3,8–4,0) селективных средах с добавлением алюминия (20–40 мг/л Al^{3+}) и/или осмотика (полиэтиленгликоль – ПЭГ 6000 – 10–15%) и последующей регенерацией растений.

Оценка коллекционного и селекционного материала, сортов ярового ячменя проведена по основным селекционно-ценным признакам с учетом продолжительности вегетационного периода, устойчивости к полеганию и болезням, эдафическому стрессу, урожайности зерна. В лабораторных условиях изучена структура продуктивности, устойчивость коллекционных образцов и селекционных форм к алюмокислотному и осмотическому стрессам. Исследования проводили в полевых, вегетационных и лабораторных условиях.

Изучение коллекции проведено в соответствии с «Методическими указаниями по изучению...» (1981, 2012). Селекционный материал изучали по полной схеме селекционного процесса, принятой для самоопылителей, в соответствии с методикой Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985). В качестве стандартов использовали рекомендованные Госкомиссией по сортоиспытанию по Кировской области сорта двурядного ячменя: средне-спелые Биос 1 и Нур, скороспелые Дина и Белгородский 100.

Диаллельный анализ генетических параметров алюмотолерантных сортов ячменя осуществлен на гибридах первого и второго поколений согласно методикам F.S. Petr, K.D. Frey (1966), B.I. Nauman (1954), B. Griffing (прямые гибриды и родители) (1956), определение комбинационной способности (КС) сортов проводили по методике В.К. Савченко (1984) и B. Griffing (1956). Оценку засухоустойчивости сортов ячменя в лабораторных условиях проводили согласно «Диагностика устойчивости...» (1988). Полевую засухоустойчивость (ПЗ) оценивали через степень снижения продуктивности в условиях засухи (Y_3) по сравнению с продуктивностью в благоприятных условиях ($Y_{\text{бл.}}$): $ПЗ = (Y_{\text{бл.}}$

$U_3/U_{\text{бл.}} \times 100\%$, (Головоченко А.П., 2001). Оценку сортов по устойчивости к повышенному содержанию ионов водорода и алюминия в почвенном растворе проводили согласно методике (Диагностика устойчивости..., 1988; Лисицын Е.М., 2003), которая позволяет оценить устойчивость сорта к действию алюминия по отношению средней длины корней при высокой и низкой концентрациях стрессового фактора (ИДК). Оценка эффекта взаимодействия «генотип x среда», адаптивной способности и стабильности сортов проведена по методикам, предложенным S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.З. Пакудина, Л.М. Лопатиной (1984), С.П. Мартыновым (1989), А.В. Кильчевским, Л.В. Хотылевой (1997), А.А. Гончаренко (2005). Оценку устойчивости сортов к болезням на искусственном инфекционном фоне проводили совместно с лабораторией иммунитета и защиты растений НИИСХ Северо-Востока. Искусственный инфекционный фон на полосатую и сетчатую пятнистости листьев создавали путём заражения цветков в фазу зелёных пыльников (Родина Н.А., Ефремова З.Г., 1986). Характеристику исходного материала по устойчивости к листовым болезням осуществляли в соответствии со шкалой О.С. Петровой и О.С. Афанасенко (2003). Учет пыльной головки и оценку поражения сортов проводили в соответствии с методическими рекомендациями (Родина Н.А., Ефремова З.Г., 1986). Оценку реакции новых сортов ячменя на различные приемы технологии выращивания семян ячменя проводили в системе многофакторных опытов в соответствии с методикой Б.А. Доспехова (1983). Полученный в исследованиях материал обрабатывали методами математической статистики согласно методике Б.А. Доспехова (1983) с использованием пакета селекционно-ориентированных программ AGROS версия 2.07. Экономическую эффективность возделывания новых сортов ячменя рассчитывали в соответствии с «Методическими указаниями...» (2008).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Метеорологические условия проведения исследований значительно различались по годам. При этом ранневесенние засухи – явление довольно частое в регионе последние годы. За период исследований в мае выпадало в среднем $53,0 \pm 3,5$ мм осадков при норме 49,0 мм. Однако в последние годы наблюдали тенденцию уменьшения их количества, с 2009 по 2013 гг. количество осадков не превышало 87,0% от нормы, и существенное варьирование этого фактора по годам: коэффициент вариации (V,%) составлял 36,9%. Меньшим изменениям был подвержен температурный режим в мае – $V=17,1\%$. Максимальная температура составляла $15,7^\circ\text{C}$ (2010 г.), минимальная – $8,0^\circ\text{C}$ (2002 г.), среднемесячная – $12,9 \pm 0,4^\circ\text{C}$.

Среднее количество осадков в июне было достаточным и составило

77,0±7,2 мм при норме 61 мм, их характер также отличался значительной вариабельностью ($V = 52,2\%$) в отличие от температурного режима ($V = 10,8\%$).

Наблюдается высокая вариабельность ($V = 62,1\%$) выпадения осадков и в июле. Начиная с 2000 г. за 14 лет наблюдений в 42,9% случаях (6 лет) осадков выпадало менее 60%, а в 2001 г. и 2010 г. их количество составляло 22 и 11% от нормы соответственно. Негативным для роста и развития растений в данный период является еще и тот факт, что недостаток осадков происходит на фоне снижения среднемесячных температур.

Тенденция снижения количества осадков проявляется и в августе. Начиная с 2010 г. оно было меньше климатической нормы и составляло от 28% в 2011 г. до 87% в 2012 г. Среднемесячная температура незначительно изменялась по годам ($V=11,1\%$) и составляла $16,4\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Таким образом, наиболее негативным для роста и развития растений ячменя является существенное по отношению к климатической норме снижение количества осадков в мае и июле при относительно благоприятном температурном режиме в годы исследований. В этой связи поиск генотипов, устойчивых к действию стрессовых абиотических факторов в наиболее критические периоды онтогенеза растений является важнейшей задачей, определяющей эффективность всей последующей селекции.

Характеризуя вегетационный период по количеству осадков и температурному режиму в среднем за годы конкурсного сортоиспытания (2003–2013 гг.), можно отметить, что в мае снижение количества осадков в среднем за месяц происходило на фоне повышения температуры. Наименьшее количество осадков (III декада мая) чаще всего совпадало с фазой кущения или фазой выхода в трубку (таблица 1).

Таблица 1 – Даты наступления фенологических фаз и продолжительность межфазных периодов (2003–2013 гг.)

Фенологическая фаза	Дата наступления	Межфазный период, дней			
посев	19.04 – 01.05	11–12			
всходы	30.04 – 13.05		8–12		
кущение	08.05 – 25.05			12–23	
выход в трубку	20.05 – 17.06				16–24
колошение	13.06 – 03.07				
восковая спелость	12.07 – 03.08				

Погодные условия первой декады июня, напротив, способствовали формированию хорошего продуктивного стеблестоя ячменя за счет достаточного количества осадков. Следовательно, для сортов с более поздним или растянутым периодом кущения складывались более комфортные условия. Пик температурного режима ($>20^\circ\text{C}$) приходился на период третья декада июня – первая де-

када июля или период колошения и формирования зерновки ячменя.

Анализ накопления суммы эффективных температур по месяцам показал, что негативное влияние высоких температур на урожайность проявилось во второй половине вегетации – в июле ($r = -0,89$). Существенное отрицательное влияние суммы эффективных температур на продуктивность растений ячменя ($r = -0,62$) и урожайность ($r = -0,75$) говорит о необходимости создания сортов, более устойчивых к повышенным температурам по сравнению с изученными в конкурсном испытании.

Для определения оптимальных условий развития элементов структуры продуктивности были выделены годы максимального их проявления. Наиболее благоприятные условия по сумме эффективных температур и показателю ГТК для формирования высоких значений общей и продуктивной кустистости, хорошей озерненности колоса наблюдали в 2004 г. (таблица 2). Сумма эффективных температур к моменту наступления фазы колошения составляла 580°C , окончанию вегетационного периода ячменя – 1324°C , ГТК – 2,26, при средних многолетних значениях – 1397°C и 2,01 соответственно.

Таблица 2 – Влияние погодных условий на продуктивность и элементы её структуры, 2003-2013 гг.

Признак	Значение признака		Характеристика вегетационного периода в год максимального проявления признака		
			год	сумма температур, $^{\circ}\text{C}$	ГТК
	среднее	максимальное			
Урожайность, т/га	$5,91 \pm 0,61$	8,19	2009	1324	2,33
Кустистость общая, шт.	$2,51 \pm 0,15$	3,27	2004	1267	2,26
Кустистость продуктивная, шт.	$2,25 \pm 0,14$	2,89	2004	1267	2,26
Количество зерен в колосе, шт.	$27,8 \pm 1,37$	3,23	2004	1267	2,26
Масса зерна с колоса, г	$1,15 \pm 0,07$	1,51	2005	1420	1,77
Масса зерна с растения, г	$2,13 \pm 0,17$	2,94	2006	1323	2,12

Наибольшая продуктивность колоса отмечена в 2005 г. с меньшим количеством осадков и более высокими температурами за вегетационный период. Полученные данные подтверждают тот факт, что максимальное развитие отдельного элемента, как правило, не обеспечивает получения высокой урожайности. Только комплексное развитие всех урожайобразующих признаков гарантирует получение потенциально возможной урожайности сорта.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ

Скороспелость как селекционно-ценный признак. Анализ урожайности сортов разных групп спелости показал, что среднеспелые превосходят скороспелые, как по отдельным элементам структуры продуктивности, так и по урожайности в целом. Образцы из группы скороспелых имели относительно низкий коэффициент продуктивного кущения (в среднем 2,0), мелкое зерно (масса 1000 зёрен в среднем 39,3 г) и устойчивость к полеганию на уровне 7,2 баллов.

В ходе корреляционного анализа установлено, что урожайность скороспелых сортов в условиях Волго-Вятского региона определяется в основном продуктивностью колоса ($r = 0,63$) и растения ($r = 0,92$), устойчивостью к полеганию ($r = 0,69$). Урожайность среднеспелых форм ячменя зависит от продуктивности растения ($r = 0,36$), а в благоприятные по метеоусловиям годы существенное влияние на формирование урожайности оказывают масса 1000 зёрен ($r = 0,46-0,56$), длина колоса ($r = 0,43-0,45$) и продуктивная кустистость ($r = 0,31-0,42$).

Таким образом, многолетнее изучение образцов ячменя из коллекции ВИР позволило объективно оценить их по скороспелости и продолжительности отдельных фаз вегетации. Для использования в селекционной работе выделены источники: скороспелые – Дина, Андрей, Белогорский 90 (Россия), Горец (Беларусь), Веслец (Болгария), местный к-18079 (Индия), Missouri, С.I. 13664 (США), Jet, местный к-3282, местный к-8730 (Эфиопия); с коротким периодом «всходы-колошение» – Стимул, Ача, Баган (Россия), Сюрприз, Адапт (Украина), Ditta (Чехия), Веслец (Болгария), к-18079 (Индия), Missouri (США) и к-8730 (Эфиопия); с коротким периодом «колошение-созревание» плёнчатые – Якуб (Беларусь), Malva, Jdumeja (Латвия), Korona Lashego (Польша), Илек 34 (Казахстан), Hja 87061, Botnia (Финляндия), 619A, 725 A (Швейцария), Paragon, BT-666/NJEV1 (Канада) и к-8730 (Эфиопия), голозёрные – 713A, 752A, 696C (Швейцария), EBSS08YIS 18308S (Канада); сочетающий скороспелость с урожайностью – Дина, Андрей, Белогорский 90 (Россия), Сябра (Беларусь), Druvis, Malva (Латвия), Веслец (Болгария), Danuta (Германия), City (Франция) и Codac (Канада).

Устойчивость к полеганию. Подтверждено наличие отрицательной корреляции между устойчивостью к полеганию и высотой растения: коэффициент корреляции достоверно изменялся от $r = -0,22$ до $r = -0,71$ и в среднем за годы исследований составил $r = -0,55$.

Для селекции устойчивых к полеганию сортов ячменя выделены источники: сочетающие высокую урожайность и устойчивость к полеганию плёнчатые сортообразцы: Золотник (Россия), Бурштын, Гонар, Сябра (Беларусь), Лотос, Эдем, Экзотик (Украина), Malva, Druvis (Латвия), Rodos (Польша), Annabel (Германия), Lamba (Дания), Crusades (Великобритания), Илек 34 (Казахстан); голозёрные: Омский голозёрный 1 (Россия), 23007 (Дания), Azure (США); ус-

тойчивые к полеганию плёнчатые: Дуэт, Бином, МИК – 1, Сокол (Россия), Бровар (Беларусь), Kristaps (Латвия), Novum, Amulet (Чехия), Orthega (Германия), Lux (Дания), Botnia (Финляндия), Optic, Cooper (Великобритания), Л-8728 (Эфиопия); голозёрный – Karan 201 (Индия).

Продукционный потенциал плёнчатого и голозёрного ячменя. Оценка коллекционных образцов плёнчатого и голозёрного ячменя показала преимущество плёнчатых форм по урожайности. В среднем урожайность плёнчатых образцов составила 483 г/м^2 , голозёрных – 286 г/м^2 (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительная характеристика плёнчатого и голозёрного ячменя по некоторым элементам структуры продуктивности, 2011-2013 гг.

Разновидность	Урожайность, г/м^2	Продуктивная кустистость, шт.	Масса зерна с растения, г	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зёрен, г
Плёнчатые	483 ± 40	$2,1 \pm 0,3$	$1,83 \pm 0,2$	$1,07 \pm 0,18$	$47,1 \pm 1,4$
Голозёрные	286 ± 23	$1,6 \pm 0,3$	$1,33 \pm 0,2$	$0,99 \pm 0,13$	$36,1 \pm 1,4$

Плёнчатые формы ячменя значительно превосходят голозёрные по величине показателей элементов структуры продуктивности. Однако при определении корреляционной зависимости у плёнчатых и голозёрных сортов ячменя, не установлено значимого влияния развития отдельных признаков на уровень урожайности.

В исследованиях выделены образцы, превышающие стандарты по отдельным элементам структуры урожая. Максимальные проявления признаков отмечали у плёнчатых форм по продуктивному кущению (коэффициент 2,58), продуктивности колоса (1,46 г) и растения (2,18 г), массе 1000 зёрен (53,7 г), урожайности (563 г/м^2); у голозёрных – продуктивности колоса (1,28 г) и растения (1,89 г), массе 1000 зёрен (46,5 г), урожайности (320 г/м^2). Выделены высоко устойчивые (9,0 баллов) к полеганию источники плёнчатого ячменя: Prosa (Чехия), Brenda (Германия), Viivi (Финляндия), голозёрного – EBSS08YIS 53108S (Канада). Высокую урожайность и устойчивость к полеганию имели плёнчатый ячмень Amulet (Чехия) и голозёрный – Azure (США).

Для вовлечения в селекцию выделены перспективные источники сочетающие высокую урожайность, продуктивную кустистость, массу зерна с колоса и растения, массу 1000 зёрен: плёнчатые – Заветный, Тонус, Натали (Россия), Якуб (Беларусь), Jdumeja (Латвия), Danuta (Германия), City (Франция), Нја (Финляндия), Fillippa (Швеция), BT-666 NJFV1, Codac (Канада); голозёрные – Korona Lashego (Польша), 23007 (Дания), Nue grosse (Швеция), EBSS08YIS 18308S (Канада), Azure, Colter (США), Namoi (Австралия).

Особенности формирования элементов структуры продуктивности и урожайности двурядного и многорядного ячменя. Обобщая многолетние данные (2007-2010 гг.) установлено, что наиболее высокой урожайностью характеризуются сорта с относительно продолжительным вегетационным периодом: коэффициент корреляции у двурядных форм $r = 0,63$, многорядных – $r = 0,69$. Установлена тесная зависимость урожайности многорядных образцов ячменя от продуктивности колоса ($r = 0,61$) и массы 1000 зёрен ($r = 0,78$). У двурядного ячменя высокая урожайность формировалась при комплексном развитии всех признаков. В то же время при отборе элитных растений двурядного ячменя для селекции следует обращать внимание на длину колоса. Как правило, длинный колос имеет относительно низкую плотность и меньшую продуктивностью по сравнению с колосом средней длины ($r = -0,45$) (рисунок 1).

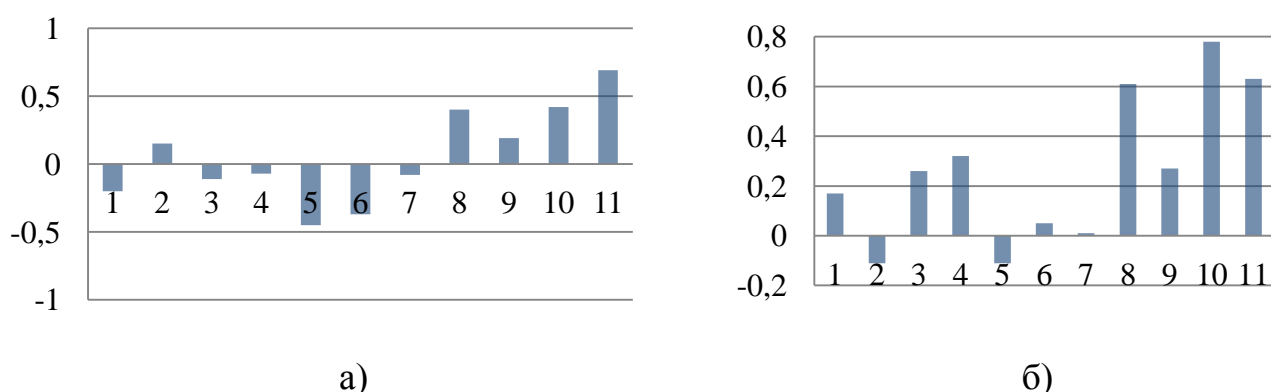


Рисунок 1 – Коэффициенты парных корреляций признаков с урожайностью сортов: а) – двурядного ячменя, б) – многорядного ячменя, 2007-2010 гг. (1 – полевая всхожесть; 2 – сохранность растений к уборке; 3 – общая кустистость; 4 – продуктивная кустистость; 5 – длина колоса; 6 – количество колосков в колосе; 7 – количество зёрен в колосе; 8 – масса зерна с колоса; 9 – масса зерна с растения; 10 – масса 1000 зёрен; 11 – вегетационный период)

Не установлено существенных различий по количеству зародышевых корешков между двурядными и многорядными формами ячменя. В фазу кущения все образцы имели 5,7–5,9 корешков на растение (таблица 4).

Таблица 4 – Количество корешков у ячменя в зависимости от фазы развития, 2008-2010 гг.

Подвид	Фаза кущения		Фаза колошения	
	$\bar{x} \pm S_x$	V, %	$\bar{x} \pm S_x$	V, %
зародышевые корешки				
двурядный	5,7±0,1	24,9	6,1±0,1	23,5
многорядный	5,9±0,1	25,9	6,7±0,1	29,2
узловые корешки				
двурядный	4,3±0,2	50,6	20,9±0,6	33,9
многорядный	5,0±0,2	49,8	27,2±0,6	26,2

По количеству узловых корней установлены существенные различия между средними показателями двурядных и многорядных групп ячменя. Уже в фазу кущения среднее по многорядным составило 5,0 при 4,3 корешка у двурядных. Преимущество наблюдали и на более поздних этапах онтогенеза. Сорты многорядного ячменя, характеризующиеся более мощной корневой системой, сформировали более высокую урожайность по сравнению с двурядными. Установлена существенная корреляционная зависимость урожайности от количества узловых корней $r = 0,47$, влияния количества зародышевых корней на растении на урожайность не выявлено. Многорядные сорта достоверно превысили по урожайности двурядные в среднем за годы изучения на 0,84 т/га в условиях благоприятных для формирования высокой продуктивности (2008, 2009 гг.) (таблица 5). В условиях засухи 2010 г. различия были незначительными. Максимальная средняя урожайность 8,31 т/га отмечена в 2009 г. Среди двурядных форм выделен сорт Эколог, менее других снизивший урожайность в условиях засухи 2010 г.

Таблица 5 – Урожайность сортов ячменя с разным типом колоса, т/га

Сорт	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее
двурядные				
Биос 1	6,08	7,26	3,18	5,51
Эколог	6,05	6,77	3,74	5,52
Новичок	5,29	6,55	3,29	5,04
среднее по группе	5,81	6,86	3,40	5,36
многорядные				
Добрый	6,68	8,27	3,85	6,26
Лель	6,44	8,42	3,83	6,23
Тандем	6,56	8,25	3,54	6,12
среднее по группе	6,56	8,31	3,74	6,20
НСР ₀₅	0,39	0,65	0,76	0,69

В обеих группах сортов по урожайности выделены сорта, имеющие большее количество узловых корней: среди многорядных – Добрый (6,26 т/га и $28,1 \pm 1,1$ шт.), двурядных – Эколог (5,52 т/га и $22,5 \pm 0,9$ шт.).

Урожайность ячменя на кислых почвах. В исследованиях 1993–1995 гг. на опытном участке дерново-подзолистых среднесуглинистых почв с уровнем $pH_{\text{сол}} = 3,92-4,44$ и содержанием ионов Al^{3+} 0,5–4,3 мг/100 г в почвенном растворе проведена оценка влияния развития отдельных признаков на формирование урожайности (рисунок 2).

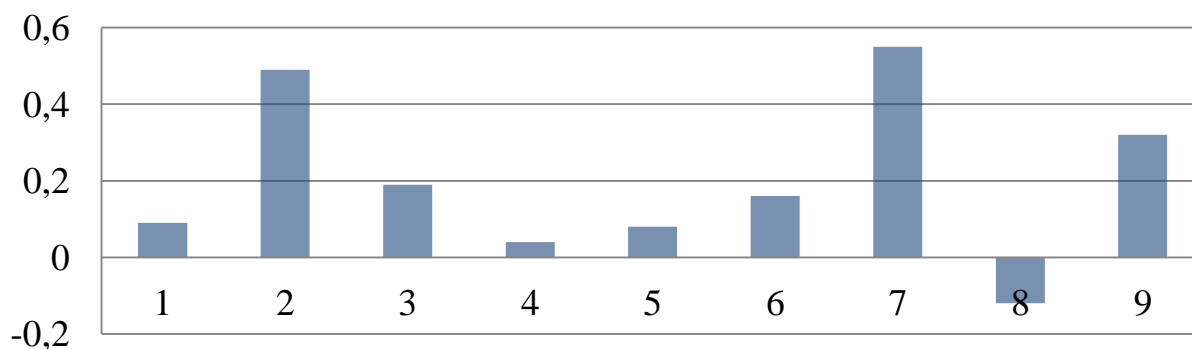


Рисунок 2 – Коэффициенты парных корреляций признаков с урожайностью сортов (1 – сохранность растений к уборке; 2 – продуктивная кустистость; 3 – длина колоса; 4 – количество колосков в колосе; 5 – количество зерен в колосе; 6 – масса зерна с колоса; 7 – масса зерна с растения; 8 – масса 1000 зерен; 9 – вегетационный период) на фоне алюмокислого стресса.

Установлено, что существенный вклад в формирование высокой урожайности в стрессовых условиях вносила продуктивная кустистость ($r = 0,49$), которая, в свою очередь, существенно влияла на формирование массы зерна с растения ($r = 0,80$) и длины колоса ($r = 0,55$), продолжительность вегетационного периода ($r = 0,32$). Не установлено достоверного влияния показателей «масса 1000 зёрен» и «количество сохранившихся к уборке растений» на урожайность ($r = -0,12$ и $r = 0,09$). В определенной степени это объясняется способностью сортов ячменя увеличивать количество дополнительных продуктивных побегов при разреженном посеве. На продуктивную кустистость существенное влияние оказывала продолжительность межфазного периода «всходы–кущение» – $r = 0,88$.

Таким образом, при отборе высокопродуктивных генотипов на фоне почвенного стресса, определяемого низкой рН и наличием ионов Al^{3+} , особое внимание необходимо уделять растениям с высокой продуктивной кустистостью, параметры колоса в данном случае не будут иметь большого значения.

Внутривидовое разнообразие ячменя по устойчивости к осмотическому стрессу. Между урожайностью образцов в поле и засухоустойчивостью в лабораторном эксперименте отмечена достоверная слабая корреляционная зависимость ($r = 0,28$). Более существенные зависимости установлены между степенью устойчивости и озерненностью ($r = 0,52$), а также продуктивностью ($r = 0,53$) колоса.

Установлено, что все образцы с лабораторной устойчивостью к стрессовому фактору выше средней превысили по урожайности в полевых условиях стандарт Биос 1 (Россия) на $30 - 150 \text{ г/м}^2$ (5,0–33,9%). У высокоустойчивых образцов Тандем (Россия) и Vonita (Аргентина) при урожайности 560 и 596 г/м^2 , превышение над стандартом составило 50 и 86 г/м^2 соответственно.

При сравнении результатов лабораторных и полевых исследований (2010–2012 гг.) для голозёрных образцов ячменя была отмечена корреляционная связь

средней степени между засухоустойчивостью и массой зерна с колоса ($r = 0,44$), массой зерна с растения ($r = 0,40$) и массой 1000 зёрен ($r = 0,32$).

Таким образом, для использования в селекции в качестве источников устойчивости к осмотическому стрессу выделены: плёнчатые сорта – Тандем, Челябинский 96, Челябинский 99, Сонет (Россия), Firlbeks Union (Швейцария), Lamba (Дания), Canasta (Великобритания), Buck (Канада), Bonita (Аргентина); голозёрные – Омский голозерный 1 (Россия), CBSS06YCA 0044S, CBSS06YCA 0019S, CBSS06YCA 0018S (Канада), Azure (США), к-18079 Местный (Индия).

Внутривидовое разнообразие ячменя по устойчивости к алюмокислородному стрессу. Для оценки набора образцов по степени устойчивости к алюмокислородному стрессу генотипы были разделены на условные группы, за разделительную границу приняты разные величины индекса длины корней (ИДК) – 0,40; 0,60; 0,80. При этом образцы, имеющие значение ИДК более 0,80 предположительно обладают наиболее высокой степенью устойчивости к стрессу. ИДК в опыте варьировал от 0,23 до 1,15. Установлен явный стимулирующий эффект алюминия на рост корневой системы (ИДК $> 1,0$) некоторых образцов, который отмечали при оценке селекционного материала с использованием ИДК Э.Л. Климашевский (1991), Е.М. Лисицын (2003) и др.

В результате изучения коллекционных образцов ячменя выделены источники устойчивости к алюмокислородному стрессу: Добрый, Новичок, Хлыновский, Виконт, Партнер, Приазовский 9, Зерноградец 770, Сигнал, Русь, Лука (Россия), Дзівосны (Беларусь), Джерело, Бадьорый (Украина), Веслец (Болгария), Kinkora (Канада), Crest (США).

Устойчивость к болезням. Большинство коллекционных образцов по устойчивости к пыльной головне (*U. nuda*) на естественном фоне были отнесены к группе с практической устойчивостью (поражение до 5%): Джин, Лель, Петр, Мураш, Суздалец, МИК-1, Кедр, Тарос, Баган, Сигнал, Партнер, Омский 85, Горинский, Нутанс 401, Лука, (Россия), Лотос (Украина), Sultan, Emir (Нидерланды), Patty (Франция), Fractal, Optic (Великобритания), Lacombe (Канада), Crest (США), местный к-8430 (Эфиопия) и другие.

При оценке генофонда на искусственном инфекционном фоне выявлена восприимчивость образцов к *U. nuda*. Лишь образец Петр (Россия) за все годы исследований проявил стабильный иммунитет к болезни. Практически устойчивыми были Лель, Мураш (Россия), Sultan (Нидерланды), местный к-8430 (Эфиопия).

Среди устойчивых к пыльной головне образцов, достоверное превышение по урожайности над стандартом Биос 1 отмечено у образца Лель (Россия), урожайность на уровне стандарта имели Петр, Мураш, Зерноградец 770 (Россия), Sultan (Нидерланды).

По результатам многолетних исследований к источникам полевой устойчивости (8-9 баллов) к полосатой пятнистости (*Drechslera graminea*) отнесены сорта: Дина, Лель, Тандем, Форвард, Хаджибей, Горинский, Медикум 336, Л-421, Первоцелинник, Натали, Золотник, Муссон, Безенчукский 3 (Россия), Го-

нар и Сябра (Беларусь), Джерело, Феникс, Галатея, Эдем, Сюрприз, Мироновский 86, Гетьман и Бадьорый (Украина), Илек 34 (Казахстан), Druvis, Idumeja и Kristaps (Латвия), Rodos и Korona Lashego (Польша), Xanadu, Ragerast, Malz, Margret, Sissy, Grece, Ortheга и Posada (Германия), Makbo (Австрия), Patti (Франция), Filipra (Швеция), Cooper, Conguest и Brock (Великобритания), Buck CDC и Codac (Канада), местный сорт из Китая (к-2930).

Источниками устойчивости (8–9 баллов) к сетчатой пятнистости (*Drechslera teres*) являются: Дина, Форвард, Бионик, Ратник, Натали, Рахат, Челябинец 2, Беркут, Медикум 336, Муссон, Вулкан, Вереск, Заветный, Баган, Русь, Зевс, Княжич и Наран (Россия), Белорусский 76 и Дзівосны (Белоруссия), Галактик, Мироновский 86, Адапт, Эдем, Сюрприз, Якубинец, Велес и Гетьман (Украина), Илек 34 (Казахстан), Korona Lashego (Польша), Веслец (Болгария), Xanadu, Margret, Danuta и Ortheга (Германия), Makbo (Австрия), 696С и 713С (Швейцария), Canasta (Великобритания), Botnia (Финляндия), Filipra (Швеция), Leger, Kinkora, Buck, Paragon, Codac и Lacombe (Канада), CL 13664 (США), Jet и местный к-3282 (Эфиопия), Karan 201 (Индия), местный к-2930 (Китай).

В селекции на устойчивость большой интерес представляют источники с комплексной устойчивостью к нескольким заболеваниям. В изучаемом генофонде к таким относятся: Дина, Форвард, Медикум 336, Муссон, Натали (Россия), Эдем, Сюрприз, Мироновский 86, Гетьман (Украина), Илек 34 (Казахстан), Korona Lashego (Польша), Margret, Xanadu, Ortheга (Германия), Buck, Codac (Канада). За годы исследований они отличались практическим иммунитетом к полосатой и сетчатой пятнистости. Обращает на себя внимание то, что при очень высоком поражении (60–80%) урожайность многих коллекционных образцов существенно не снижалась, что также важно в селекции на неспецифическую устойчивость. К толерантным были отнесены 12,3% изучаемого генофонда. Среди них, можно выделить Вереск, Ача, Омский 85 (Россия), Атаман (Беларусь), Лотос и Галактик (Украина), Annabel (Германия), Grusades (Великобритания), превышающие по урожайности стандарт Биос 1.

Устойчивость к болезням часто сцеплена с генами, несущими нежелательные признаки (мелкое зерно, позднеспелость и т.д.). Поэтому наибольшую селекционную ценность имеют источники, обладающие адаптивностью и высоким продукционным потенциалом, обеспеченным гомеостазом и благоприятным сочетанием хозяйственно ценных признаков. Среди выделенных по устойчивости к болезням образцов высокую продуктивную кустистость, массу зерна с колоса и растения, массу 1000 зёрен имели: Зевс, Заветный, Натали (Россия), Илек 34 (Казахстан), Rodos, Korona Lashego (Польша), Filipra (Швеция Codac), (Канада); устойчивость к полеганию – Ortheга (Германия). Среди скороспелых форм высокую урожайность имел Codac (Канада), среднеспелых – Гонар (Беларусь), Filipra (Швеция). Сочетали скороспелость и устойчивость к болезням образцы Сябра, Гонар (Беларусь), Сюрприз (Украина), Druvis (Латвия), Korona Lashego (Польша), Codac (Канада).

Эффективность использования коллекционных образцов в селекции ячменя. Лучшие генотипы ячменя, выделенные в процессе изучения мировой коллекции ВИР, широко вовлекаются в гибридизацию. Линии, созданные с участием коллекционных образцов, изучаются в лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ «НИИСХ Северо–Востока» на всех этапах селекционного процесса. Проведенный нами анализ результатов работы лаборатории показал, что за период с 1971 г. создано и передано на государственное испытание 27 сортов ярового ячменя, 12 из них в разные годы были районированы на территории РФ. Так, один из первых в стране сортов ячменя интенсивного типа, сорт Луч создан методом отбора мутантной формы из образца к-18816 (Дания). В родословной скороспелого сорта Дина присутствуют образцы к-20436 (Эфиопия) и к-19009 (Норвегия), высокоурожайного, с ценным по качеству зерну, устойчивого к поражению пыльной головней сорта Эколог – к-19304 (Канада). Для селекции пивоваренного ячменя Джин использовали образец к-19010 (Швеция). Алюмотолерантный сорт Новичок создан с использованием сортообразцов из Швеции (Birgitta) и Нидерландов (Effendi). В родословной ячменя Фермер присутствует образец к-9427 (местный Коми), многорядного ячменя Тандем – к-29489 (Россия). Для создания высокоурожайного, включенного в список ценных по качеству сортов РФ, сорта Памяти Родины использовали образец к-30372 (Германия). Переданные на государственное испытание в 2014 г. сорта Форвард и Бионик, сочетающие высокую урожайность с устойчивостью к эдафическому стрессу созданы с использованием образцов Luly (Великобритания) и Conrad (США).

Таким образом, созданная в результате многолетних исследований рабочая коллекция современных источников хозяйственно ценных признаков, нашла свое практическое и успешное использование в селекции ярового ячменя. С участием коллекционных образцов созданы новые районированные сорта, проходят изучение на всех этапах селекционного процесса высокоурожайные, адаптивные к условиям возделывания в Волго-Вятском регионе линии и сорта ячменя.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Исходный материал для получения регенерантных линий ячменя. Устойчивость ячменя по отношению к ионной токсичности алюминия наиболее четко прослеживается по ростовой депрессии корневой системы и достоверно отражает степень устойчивости генотипа к ингибирующему действию агента на последующих этапах онтогенеза (Климашевский, 1988, Косарева и др., 1998). Для изучения эффективности скрининга высокоурожайных генотипов ячменя по приросту корневой системы на стрессовом фоне сочетали отбор толерантных форм в водной культуре с оценкой их по продуктивности в вегетационных опытах. Режим отбора проростков регенерантов ячменя в водной культуре соответствовал уровню стрессовых факторов на селективных средах – содержание Al^{3+} 20 мг/л, рН 3,8. Результаты исследований показали, что отбор в водной культуре

в большинстве случаев (75%) повышал среднюю и максимальную продуктивность растений-регенерантов. Установлено, что более результативным был отбор из гибридных комбинаций, чем из сортов. Возможно, это связано с наличием гетерогенности в гибридных популяциях.

Для определения эффективности регенерантных линий ячменя по сравнению с их исходными формами (гибриды, сорта) проводили сравнительное изучение в серии вегетационных и полевых опытов. Результаты экспериментов имели неоднозначный характер. Но в целом продуктивность растений-регенерантов, выделенных на стрессовом фоне, достигала более высоких значений по сравнению с линиями и сортами гибридного происхождения. На данном этапе эксперимента не было выявлено существенного превосходства регенерантов над их исходными формами. Однако подтвердилось преимущество использования в культуре *in vitro* в качестве исходной формы гибридов по сравнению с сортами. Аналогичные результаты были получены при проведении вегетационного опыта по сравнительному изучению сортов, созданных методом биотехнологии, и сортов гибридного происхождения. Сравнение групп генотипов по урожайности показало преимущество регенерантов перед сортами гибридного происхождения только при наличии стрессового фактора. По урожайности на известкованном фоне сорта и регенеранты практически не различались, на кислом – преимущество регенерантов было очевидным (таблица 6). По массе зерна с растения не было выявлено достоверных различий между группами, однако, реакция регенерантов на ухудшение условий выращивания (кислый фон) была меньшей, по сравнению с сортами. Снижение продуктивности растений-регенерантов (депрессия) составило всего 1,4%.

Таблица 6 – Сравнительная характеристика различных групп генотипов

Группа (А)	Масса зерна с растения, г		Урожайность, г/м ²		Депрессия, %	
	известкованный фон (В)	кислый фон	известкованный фон	кислый фон	масса зерна с растения	урожайность
Сорта	0,81	0,59	125	73	27,2	41,6
Регенеранты	0,73	0,72	125	97	1,4	22,7
НСР ₀₅ (А)	нет различий		23		-	-
по фактору В	0,12		25		-	-

Установлена средоулучшающая способность регенерантов и сортов гибридного происхождения. Исследования проводили в почвенной культуре в вегетационных емкостях при уровне рН 3,9 и содержании Al^{3+} 5,58 мг/100 г почвы. В среднем по опыту уровень рН в ризосфере сортов по окончанию вегетационного периода повышался на 0,89–0,83 ед., а содержание свободного алюминия уменьшалось более чем в 8 раз по сравнению с данными агрохимического ана-

лиза почвы в начале эксперимента. Наиболее четко это проявилось при изучении сортов Новичок, Дуэт, созданных методом гибридизации и отбора, и регенеранта RA 530-98 в сравнении с сортом-стандартом Биос 1. Выделился RA 530-98, полученный в культуре *in vitro* на жесткой селективной среде с повышенным содержанием ионов водорода и алюминия (рисунок 3). Уровень pH в зоне корней RA 530-98 составил 4,6, при изначальном уровне pH 3,9.

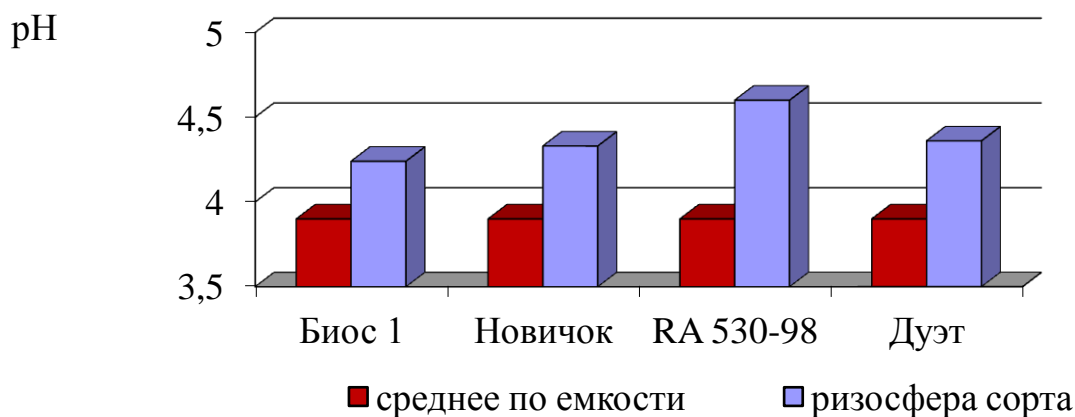


Рисунок 3 – Влияние генотипов на уровень pH в прикорневой зоне

Как уже отмечалось, преимущество сортов ячменя, устойчивых к токсичности кислых почв, созданных методом клеточной селекции, перед сортами гибридного происхождения проявляется главным образом при наличии почвенного стресса, что наглядно продемонстрировано на рисунке 4.

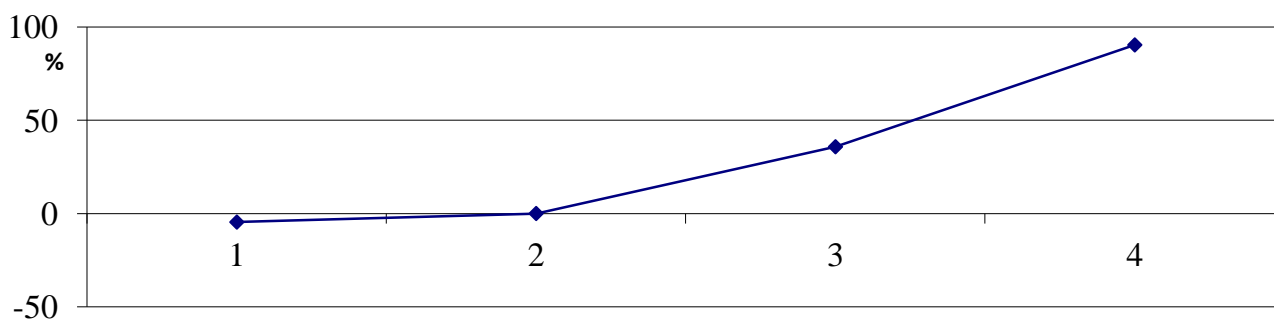


Рисунок 4 – Урожайность RA 530-98 по отношению к стандарту Биос 1 (%) в различных условиях выращивания: 1. pH 6,0; Al^{3+} 0 мг/100 г почвы; 2. pH 4,3; Al^{3+} 2,1 мг/100 г почвы; 3. pH 3,8; Al^{3+} 8,7 мг/100 г почвы; 4. pH 3,7; Al^{3+} 21 мг/100 г почвы

Это существенно затрудняет скрининг алюмотолерантных генотипов, так как основным критерием оценки является более высокая, чем у стандарта урожайность, как в условиях кислых почв, так и на высоком агрофоне.

Таким образом, установлено, что гибриды являются более эффективным исходным материалом для проведения клеточной селекции. Преимущество регенерантов в основном проявляется при выращивании в условиях повышенной кислотности и токсичности алюминия, что затрудняет их прямое использование для создания сорта.

Селекционная ценность регенерантных линий ячменя. Для выделения перспективных для селекции регенерантов было проведено сравнительное изучение их с исходными формами в серии лабораторных опытов. Установлено, что значения ИДК у всех генотипов изменялось от 0,80 до 1,20. Полученные результаты можно объяснить тем, что как исходные генотипы, так и их регенерантные формы, отобранные на селективных средах *in vitro* изначально имели высокий уровень устойчивости к алюмоокислому стрессу.

Лабораторная оценка устойчивости к засухе показала различия между регенерантами по способности прорасти в условиях осмотического стресса. Большинство изученных образцов по результатам лабораторных исследований были неустойчивы к стрессу (устойчивость – <33,3%). Не выявлено и образцов с высокой устойчивостью к стрессу (>66,6%). Из всего набора генотипов выделен только RA 496-07, отличающийся средней степенью устойчивости к осмотическому стрессу (45,2%). Результаты полевых исследований показали преимущество регенерантов перед стандартом по степени снижения продуктивности растений и урожайности в условиях засухи 2010 г. по сравнению с благоприятными условиями вегетации в 2009 г. Сравнение регенерантных линий с исходными формами по урожайности показало преимущество образцов, полученных в культуре *in vitro* на фоне стрессовых факторов (повышенное содержание ионов H^+ и Al^{3+} и/или ПЭГ), относительно исходных сортов, не прошедших отбор на клеточном уровне (таблица 7).

Таблица 7 - Сравнительная характеристика регенерантных линий и их исходных сортов, 2010 г.

Сорт, линия	Происхождение	Стрессовый фактор*	Урожайность, т/га	% к исходному сорту	Вегетационный период, дней
552-98	исходная линия		5,2	-	78
496-07	RA 552-98	H^+ , Al^{3+} , ПЭГ	7,5	144,2	75
507-07	RA 552-98	H^+ , Al^{3+} , ПЭГ	7,5	144,2	75
510-07	RA 552-98	H^+ , Al^{3+} , ПЭГ	7,3	140,3	75
503-07	RA 552-98	H^+ , Al^{3+} , ПЭГ	6,6	126,9	75
494-07	RA 552-98	H^+ , Al^{3+} , ПЭГ	5,2	100,0	76
495-07	RA 552-98	H^+ , Al^{3+} , ПЭГ	5,0	96,1	76
999-93	исходная линия		4,7	-	77
917-01	RA 999-93	H^+ Al^{3+}	5,3	112,8	74
707-01	RA 999-93	H^+ Al^{3+}	4,7	100,0	79
780-04	RA 999-93	ПЭГ	5,1	108,5	76
781-04	RA 999-93	ПЭГ	5,1	108,5	78
Новичок	исходный сорт		4,9	-	76
441-05	RA Новичок	H^+ Al^{3+}	5,1	104,1	77
НСР			0,8	-	-

Примечание * - стрессовый фактор в культуре *in vitro*

Установлены также различия между регенерантами по продолжительности вегетационного периода как в сторону увеличения (RA 707-01), так и его сокращения (RA 917-01, RA 496-07, RA 507-07 и др.) относительно исходной формы.

В условиях засухи в июле – августе 2010 г. как наиболее урожайные выделены образцы, отобранные на комплексной селективной среде, содержащей ПЭГ. Максимальная урожайность 7,5 т/га была получена у RA 496-07 и RA 507-07. Высокая устойчивость к засухе линий-регенерантов, полученных на селективных средах с алюминием в условиях *in vitro*, является примером неспецифической устойчивости, включение механизмов которой приводит к созданию форм с комплексной устойчивостью к стрессам различной природы.

Отмечены сортовые различия по реакции на стрессовые условия в период налива зерна. Так, у стандарта Биос 1 полевая засухоустойчивость (ПЗ) по массе зерна с колоса составила 32,2% при снижении показателя на 0,57 г. Тогда как, у регенерантов 917-01, 781-04 не выявлено существенного изменения продуктивности колоса под воздействием засухи. У регенерантов 770-04 и 441-04 зафиксирован даже некоторый прирост массы зерна с колоса (таблица 8). Это объясняется тем, что высокие температуры и ограниченное количество осадков не повлияли на налив зерна, тогда как у сорта-стандарта Биос 1 масса 1000 зерен снизилась на 6,7 г.

Таблица 8 – Полевая засухоустойчивость (ПЗ) регенерантов ячменя

Сорт	ПЗ для показателей, %		
	масса зерна с колоса	масса зерна с растения	урожайность
Биос 1, стандарт	32,2	42,2	35,3
RA 530-98	46,2	46,2	0,4
RA 917-01	1,1	-16,8	14,1
RA 781-04	6,98	24,9	21,1
RA 780-04	12,3	-1,98	-4,08
RA 770-04	-20,5	0,4	4,76
RA 774-04	15,1	22,4	22,5
RA 441-05	-22,2	-4,35	6,59

Установлено, что в благоприятных гидротермических условиях 2009 г. продуктивность растений в значительной степени зависела от продуктивной кустистости ($r = 0,70$), тогда как в условиях засухи 2010 г. данная зависимость практически не прослеживалась ($r = -0,11$).

В исследованиях (2008-2012 гг.) все изученные регенеранты имели урожайность на уровне стандарта – сорта Биос 1. Лучшей была регенерантная линия RA 917-01 с урожайностью 5,11 т/га, что на 0,24 т/га (4,9%) выше стандарта и на 0,34 т/га (7,1%) исходной формы 999-93. Линия RA 917-01 характеризуется высокой комбинационной способностью. С её участием созданы новые гибриды

ные комбинации и высокоурожайные линии отборы, из которых изучаются на всех этапах селекционного процесса. Так в контрольном питомнике выделены линии 382-10, 368-10, 378-10 и 372-10, в предварительном – 138-09, 458-09 и 459-09 с урожайностью более 5,0 т/га (прибавка к стандарту более 1,0 т/га). Данные линии являются перспективными для создания новых высокоурожайных сортов ячменя, адаптивных к регионспецифичным экологическим факторам.

Иммунологическая оценка данных линий на фоне естественной и искусственной инфекционной нагрузки гельминтоспориозных болезней показала достаточно широкую внутрисортную дифференциацию по восприимчивости к ней. Так, по отношению к корневым гнилям линии характеризуются как среднеустойчивые, за исключением линии RA 781-04, которая в 2012 г. поразилась в слабой степени (таблица 9). По отношению к гельминтоспориозным пятнистостям листьев линии на естественном фоне проявили высокую устойчивость. При искусственном заражении линии RA 917-01 и RA 530-98 имели среднюю устойчивость к полосатой и сетчатой пятнистостям. Наилучшее иммунологическое состояние было у линии RA 917-01, которая в меньшей степени, чем стандарты и другие линии-регенеранты поражалась гельминтоспориозными болезнями на естественном и искусственном инфекционных фонах.

Таблица 9 – Иммунологическая характеристика линий-регенерантов, 2009-2012 гг.

Линия	Степень поражения, %			
	корневыми гнилями	полосатой пятнистостью	сетчатой пятнистостью	тёмно-бурой пятнистостью
Биос 1 – ст.	23,3/43,5*	16,3	21,3	7,0
RA 917-01	16,0/30,5	0,5/15,5	5,0/20,0	2,0
RA 530-98	21,1/33,2	7,5/23,5	8,8/20,0	2,5
RA 496-07	18,0/35,0	8,0	10,0	4,7
RA 781-04	12,1/23,4	2,0	6,7	3,3

Примечание *- в знаменателе степень поражения на инфекционном фоне

Линии-регенеранты представляют практический интерес как для непосредственного создания из них сортов, так и для использования в качестве компонентов скрещивания. Ежегодно на всех этапах селекционного процесса изучаются регенерантные линии (таблица 10). В конкурсных сортоиспытаниях по результатам многолетнего изучения выделились RA 496-07 и RA 917-01. Сорт-регенерант RA 496-07, получен от исходного генотипа 552-98, созданного методом гибридизации, с последующим отбором на селективных средах с последовательным созданием осмотического и алюмокислого стрессов (10% ПЭГ; 20 мг/л Al^{3+} , pH 4,0). Сорт-регенерант RA 917-01 получен от исходного генотипа 999-93, созданного методом гибридизации, с последующим отбором в каллусной культуре *in vitro* на селективных питательных средах с ионной токсичностью Al^{3+} и H^+ .

Таблица 10 – Доля линий-регенерантов ячменя среди изучаемого селекционного материала на различных этапах селекционного процесса, %

Питомник	Годы изучения								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Селекционный питомник	5,4	3,9	6,7	4,2	5,2	3,3	10,2	5,8	4,6
Контрольный питомник	16,2	10,8	6,5	28,4	12,3	19,4	8,2	12,1	9,1
Предварительное сортоиспытание	29,4	16,2	10,5	5,6	27,3	17,0	34,5	14,8	21,4
Конкурсное сортоиспытание	8,3	15,1	18,7	14,7	25,0	50,0	25,0	22,7	22,7

В 2014 г. сорта-регенеранты RA 496-07 и RA 917-01 переданы на государственное сортоиспытание под названием Бионик и Форвард соответственно.

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ЯЧМЕНЯ

Для повышения эффективности использования родительских форм в селекции необходимо перед включением в скрещивания изучить их по комплексу хозяйственно ценных признаков в конкретных почвенно-климатических условиях, определить характер наследования, основные генетические параметры.

Комбинационная способность коллекционных образцов ячменя. Результаты исследований в сложившихся условиях вегетации показали наличие достоверного генетического разнообразия, как у сортов, так и у гибридов, созданных с их участием, по изучаемым показателям.

В качестве доноров на увеличение хозяйственно ценных признаков и повышения продуктивности растений для включения в селекционные программы предлагаются: по общей и продуктивной кустистости – Кедр, Партнер (Россия), Дзівосны (Беларусь), Lamba, Lux (Дания), Crusades (Великобритания), Firlbeks Union (Швейцария); по длине колоса – Кедр, Виконт (Россия), Сталы (Беларусь), Lux (Дания), Firlbeks Union (Швейцария); плотности колоса – Петр, Нур, Михайловский (Россия), Annabel (Германия), Patty (Франция), Newgrange (Великобритания); по количеству зёрен в колосе – Кедр (Россия), Дзівосны, Зазерский 85 (Беларусь), Firlbeks Union (Швейцария), Lamba (Дания), Тамара (Нидерланды); по массе зерна с растения – Кедр, Михайловский (Россия), Дзівосны (Беларусь), Lamba (Дания), Тамара (Нидерланды), Crusades (Великобритания). Оценка гибридов по признаку «высота растений» показала снижение высоты соломины у гибридов с участием образцов МИК-1 (Россия), Цезар (Украина), Annabe (Германия), Тамара (Нидерланды). Более высокие растения получены в

потомстве с участием образцов Партнер, Ача, Анна (Россия), Firlbeks Union (Швейцария).

С использованием выделенных в исследованиях образцов в качестве компонентов скрещивания было создано 4525 гибридных линий. На всех этапах селекционного процесса изучаются генотипы, созданные с их участием.

Комбинационная способность многорядных сортов ячменя. Установлено преобладание в наследовании признаков общая кустистость, плотность колоса, высота растений генов с аддитивными эффектами ($\sigma_{gi}^2 > \sigma_{sij}^2$), что позволяет рекомендовать отбор по данным признакам в гибридных комбинациях по фенотипу. Значительную роль при наследовании продуктивности колоса и растения играли гены с доминантными и, возможно, эпистатическими эффектами ($\sigma_{gi}^2 < \sigma_{sij}^2$). В исследованиях не установлено достоверных различий по ОКС между родительскими формами по продуктивной кустистости и массе зерна с растения, в то же время, по результатам оценки эффектов СКС выделен ряд гибридных комбинаций, в потомстве которых можно ожидать выщепление трансгрессивных форм. Так, в результате множественного сравнения частных средних СКС по продуктивности колоса были выделены комбинации Мураш x Зевс, Lacombe x Лель, по продуктивности растения Мураш x Зевс, Тандем x Лель, Мураш x Лель и Тандем x Зевс.

Таким образом, анализ эффектов ОКС показал, что селекционную ценность имеют сорта многорядного ячменя Тандем, Мураш, Зевс (Россия) и Lacombe (Канада). Эти сорта можно использовать в сочетании практически с любым сортом, не опасаясь заметного снижения показателей данных признаков.

Комбинационная способность алюмотолерантных сортов ячменя. Анализ комбинационной способности образцов ячменя показал, что в зависимости от условий вегетации и родительских форм, участвующих в скрещивании, меняются эффекты ОКС и СКС изучаемых признаков. В исследованиях 1993–1995 гг. признак «продуктивная кустистость» у всех родительских форм определялся неаддитивным действием генов, за исключением сорта Дина, у которого преобладали гены с аддитивными эффектами. У большинства сортов преобладало доминантное действие генов ($\sigma_{sij}^2 > \sigma_{gi}^2$) при наследовании количества зерен в колосе. Высокие показатели отмечены у сортов Белорусский 18 и Выбор, низкими значениями ОКС во все годы характеризовался сорт Дина, у остальных сортов значительное влияние на изменение КС оказывали условия вегетации. Существенное влияние гидротермические условия оказывали и на КС сортов по признаку «масса 1000 зёрен». При наследовании признака у большинства сортов основную роль играли гены с доминантными эффектами ($\sigma_{sij}^2 > \sigma_{gi}^2$), только у сорта Белорусский 18 при наследовании изучаемого признака преобладающее значение имеют гены с аддитивными эффектами. По массе зерна с растения сорт Белорусский 18 имел высокие, остальные сорта - низкие значения ОКС. При наследовании высоты растений преобладало действие генов с доминантными эффектами.

В исследованиях 2001-2002 гг. не было установлено значительных разли-

чий родительских форм в уровне развития показателей ряда хозяйственно ценных признаков. Однако разница между средними значениями гибридов F_1 и средними родительских форм положительная, следовательно, доминировало наибольшее выражение признака. В то же время, в результате множественного сравнения частных средних СКС линий были выделены комбинации Новичок x RA 889-93, RA 889-93 x Дуэт и Дина x Меркурий, в потомстве которых можно ожидать выщепление трансгрессивных форм.

Наследование продуктивности растений и ИДК у гибридов ячменя.

Исходя из анализа групповых средних сортов и гибридов F_1 , полученных в системе неполных диаллельных скрещиваний с участием сортов, толерантных к кислотности почв и токсичности алюминия, изучен характер наследования хозяйственно ценных признаков. Группировка по числу случаев проявления разной степени доминирования показала, что частота их случаев по отдельным количественным признакам неодинакова. Наибольшее количество гетерозисных комбинаций наблюдали по массе 1000 зёрен (79,3%). По массе зерна с растения и продуктивной кустистости наследование происходило по типу гетерозисного сверхдоминирования (65,5; 43,9%), нередко были случаи депрессии (17,2; 24,1%). Для остальных признаков было характерно наследование как по типу гетерозисного сверхдоминирования и положительного доминирования, так депрессии и уклонения в сторону меньшего родителя.

При изучении гибридов F_2 установлено, что в наследовании продуктивности растений преобладал гетерозис (50,0%) и положительное доминирование (28,6%). При наследовании показателя индекс длины корней (ИДК) был отмечен рост количества гетерозисных комбинаций (57,1%) и уклонение в сторону более устойчивого родителя. В то же время в обеих группах, разделенных по степени устойчивости к алюмокислотному стрессу по ИДК, у части гибридов наблюдали депрессию (21,4%).

При анализе конкретных гибридных комбинаций установлено, что выделенные по продуктивности гибриды характеризуются высоким ИДК от 0,83 до 1,00 (таблица 11). Установлена корреляция средней степени ($r = 0,36$) между продуктивностью растения и ИДК.

Таблица 11 – Наследование продуктивности растений и ИДК у гибридов ячменя

Комбинация	ИДК	Наследование		
		масса зерна		ИДК
		с колоса	с растения	
530-98 x Фермер	0,90	2,5	5,3	11,5
565-98 x Фермер	0,86	2,0	2,1	6,7
Новичок x Фермер	0,83	1,0	0,9	3,6
565-98 x 530-98	0,95	7,0	1,2	31,0
Дуэт x Фермер	1,00	9,0	-2,3	5,0

Таким образом, применение показателя ИДК для массовой оценки и

скрининга расщепляющихся гибридов соответствует задачам селекции – создание алюмотолерантных генотипов.

Наследуемость признаков продуктивности алюмотолерантных сортов и линий ячменя. В скрещивания были включены десять алюмотолерантных сортов ячменя. Скрещивания проведены в два цикла: 2001 г. (6 сортов) и 2002 г. (4 сорта). Погодные условия в период вегетации различались по годам, что позволило провести разностороннюю оценку гибридного материала. Значения среднегового компонента (E) практически во всех случаях были существенны (таблица 12).

Таблица 12 – Генетические параметры элементов структуры продуктивности и высоты растений

Признак	Генетические параметры (F ₁ 2002 г./2003 г.)							
	D	H ₁	H ₂	H ₂ / 4H ₁	F	E	h ² /H ₂	r между xp и Wr +Vr
Кустистость общая	2,63*	0,26	0,30	-	0,56	3,78*	-	0,82
	1,16	3,17*	2,51*	0,18	0,78	4,58*	0,72	0,55
Длина колоса	0,32	0,02	0,11	-	-0,13	0,42*	-	-0,37
	3,78*	3,48*	3,54*	0,23	-0,89	2,63*	1,48	-0,93
Количество колосков	3,22	1,43	1,18	-	1,76	2,86	-	-0,84
	0,63	1,58	-	-	-0,09	2,26*	-	-0,99
Количество зёрен	2,79*	-0,59	-0,07	-	-1,04	2,49*	-	-0,96
	0,75	1,93	1,87	-	-0,53	2,32*	-	-0,93
Масса зерна с колоса	0,02	0,04	0,03	-	0,02	4,38*	-	-0,69
	1,42	2,49*	2,48*	0,23	-0,73	1,76	1,88	-0,96
Масса 1000 зёрен	9,67*	21,35*	19,56*	0,23	8,95	10,0*	2,12	0,94
	2,58*	4,24*	4,12*	0,22	-0,47	1,94	1,88	-0,99
Высота растений	67,5*	-1,87	8,9	-	12,5	48,7*	-	-0,68
	5,56*	2,97*	2,61*	0,20	1,70	2,40*	1,45	-0,80

Примечание: * - значимо при P≥0,95

Анализ генетических параметров элементов структуры продуктивности гибридных линий показал, что в 2002 г. по количеству колосков и зёрен в колосе имело место полное доминирование (H₁<D), по продуктивной кустистости, массе зерна с колоса и растения, крупности зерна – сверхдоминирование (H₁>D).

В 2003 г. сверхдоминирование было отмечено по всем признакам, за исключением высоты растений и длины колоса, у которых наблюдали частичное доминирование, по продуктивной кустистости достоверных различий в опыте

не установлено.

Значение аддитивной изменчивости (D), компонентов изменчивости, обусловленных доминантными эффектами (H_1 , H_2) по ряду признаков в условиях 2002 г., за исключением высоты растений, общей кустистости, массы 1000 зёрен и озерненности колоса по абсолютной величине невысоки и несущественны, следовательно, дальнейшие расчеты не имели смысла.

В 2003 г. показатель $H_2/4H_1$, отражающий отношение аллелей с положительными и отрицательными эффектами, был ниже или близок к максимальному теоретическому уровню (0,25), что свидетельствует о равном вкладе этих аллелей в развитие признаков «длина колоса», «масса зерна с колоса» и «масса 1000 зёрен» или, в некоторых случаях, о преобладании аллелей с положительными эффектами.

Установлено, что признак «масса 1000 зёрен» в оба года контролировали как минимум 2 гена или блока генов ($h^2/H_2 = 2,12$ и $1,88$).

Значения компонента изменчивости F, отражающего направление доминирования в целом по всем гибридам во всех случаях несущественны. Это также свидетельствует о равенстве числа доминантных и рецессивных генов, контролирующих изучаемые признаки.

Коэффициент корреляции между средними значениями признаков количество колосков и зерен в колосе, масса зерна с колоса и уровнем доминантности отрицательный и существенный, следовательно, существует связь между выраженностью признаков у сортов и числом доминантных аллелей, которыми они обладают. Отрицательное значение коэффициента корреляции показывает, что сорт с наименьшими значениями W_r и V_r обладает наибольшим количеством доминантных генов. Установлено, что наибольшее число доминантных аллелей содержат по признакам количество колосков и озерненность колоса сорта Дуэт и Фермер, по продуктивности колоса и растения – Дуэт, Новичок, Фермер и 565-98, по высоте растений – Новичок и Меркурий. В соответствии с прогнозом выраженности признаков у родительских форм сорта Новичок, Дуэт, Фермер и 565-98 имеют показатели на уровне и выше доминантного родителя. Использование данных сортов может быть эффективно в селекции ячменя на устойчивость к эдафическому стрессу, определяемому низким рН и токсичностью Al^{3+} .

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И ЕЁ ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Обоснование модели сортов ярового ячменя для условий Волго-Вятского региона. Многолетние исследования по выявлению корреляционных связей элементов структуры продуктивности в контрастные по климатическим условиям годы подтвердили необходимость возделывания в условиях Волго-Вятского региона различающихся по основным урожайобразующим параметрам сортов ячменя. Разработаны параметры модельных сортов многорядного и дву-рядного ячменя, кормового и пивоваренного направлений использования зерна

для дальнейшего их использования в селекционной работе (таблицы 13, 14).

Таблица 13 - Параметры модельных сортов ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона

Показатель	Стандартный сорт, 2003–2013 гг.	Модельный сорт	
		много рядный	двурядный
Урожайность, т/га	4,3-6,4	10,0-12,0	8,0-10,0
Вегетационный период, дней			
от всходов до кущения	12-15	12-15	12-15
от всходов до колошения	45-51	45-51	45-51
от всходов до созревания	76-80	76-80	76-80
Густота стеблестоя, шт./м ²			
полные всходы	400-420	400-450	400-450
сохранность к уборке	290-310	350-400	350-400
Количество узловых корней, шт.	19-20	20-22	26-28
Продуктивная кустистость	1,9-2,1	2,0-2,5	2,0-2,5
Средняя высота стеблестоя, см	62-78	65-75	65-75
Количество колосков в колосе, шт.	21-23	46-50	22-25
Количество зерен в колосе, шт.	19-22	40-46	20-24
Плотность колоса	12-13	12-13	13-14
Масса зерна с колоса, г	0,9-1,1	1,2-1,7	1,0-1,5
Масса зерна с растения, г	1,5-2,5	2,5-3,0	2,0-2,5
Засухоустойчивость*, балл	3,9-4,1	4,5-5,0	4,5-5,0
Устойчивость к полеганию*, балл	4,1-4,4	4,5-5,0	4,5-5,0
Устойчивость к осыпанию*, балл	3,9-4,1	4,5-5,0	4,5-5,0
Устойчивость к пятнистостям листьев*, балл	5,0-3,5	5,0-4,5	5,0-4,5
Устойчивость к пыльной головне*, балл	5,0-4,0	5,0-4,0	5,0-4,0

Примечание * - оценка по 5-ти балльной шкале

Таблица 14 - Параметры качества зерна модельных сортов ярового ячменя

Показатель	Стандартный сорт, 2003–2013 гг.	Модельный сорт	
		кормовой	пивоваренный
Масса 1000 зёрен, г	46-52	48-52	48-52
Содержание белка, %	8-12	12-14	10-12
Экстрактивность, %	76-78	не определяется	78-80
Натура, г/л	620-680	680-730	680-730
Плёнчатость, %	8,8-9,3	8,0-9,0	6,0-8,0
Форма зерна	полуудлиненная	полуудлиненная	округлая

Все представленные в таблице 14 показатели, за исключением «содержание белка», не регламентируются ГОСТом 5060-86 (Ячмень пивоваренный, 2010), однако при создании сорта целевого назначения необходимо учитывать требования сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности к качеству зерна.

Соответствие создаваемых сортов разработанной модели будет способствовать наиболее полной реализации потенциала культуры по урожайности и качеству продукции в условиях Волго-Вятского региона. Следует отметить, что практическая реализация разработанной модели может внести некоторые коррективы в параметры новых сортов, но самым главным условием является оптимальное сочетание элементов продуктивности и урожайности в сорте.

Морфо-биологическая характеристика новых и перспективных сортов ярового ячменя. За период работы создано (в соавторстве) 8 сортов ярового ячменя, 4 из них включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ по Волго-Вятскому региону, 2 переданы на государственное испытание.

Новичок. Сорт создан методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации [(Винер x *Birgitta*) x Дуэт] и оценкой на провокационном по почвенной кислотности и токсичности алюминия фоне. Разновидность *nutans*. Включен в Государственный реестр селекционных достижений с 2002 г. Главное достоинство сорта – толерантность к кислым дерново-подзолистым почвам. За годы конкурсного сортоиспытания средняя урожайность составила 5,30 т/га, выше стандарта на 0,37 т/га, на фоне эдафического стресса прибавка к стандарту составила 0,59 т/га, при урожайности сорта 1,88 т/га. Сорт среднеспелый. Устойчивость к полеганию на уровне стандарта. Сорт зернофуражного использования.

Благодаря устойчивости к ионам Al^{3+} на кислых почвах, Новичок конкурентоспособен на всех территориях Нечерноземной зоны, почвы которых характеризуются ионной токсичностью.

Тандем. Сорт создан с использованием метода сельскохозяйственной биотехнологии путём индивидуального отбора из удвоенного гаплоида, полученного на основе скрещивания гибрида F_1 (Добрый 14/11 x Выбор) с диким ячменем *H. bulbosum*. Разновидность *pallidum*. Включен в Государственный реестр селекционных достижений с 2008 г. Сорт среднеспелый. Высокоурожайный, средняя урожайность составляет 8,5 т/га, максимальная – 10,3 т/га. Превосходство сорта над стандартом обеспечивают относительно высокая продуктивная кустистость и масса зерна с колоса. Тандем устойчив к полеганию, весенним заморозкам и засухе. Сорт зернофуражного использования.

Родник Прикамья. Сорт создан в НИИСХ Северо-Востока совместно с Пермским НИИСХ методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором в F_2 . Разновидность *nutans*. Включен в Государственный реестр селекционных достижений с 2011 г. Сорт среднеспелый, созревает в среднем за 80 дней. Высокоурожайный, средняя урожайность составляет 6,4 т/га, максимальная – 8,0 т/га, характеризуется высокой продуктивной кустистостью, массой

зерна с растения. Формирует крупное зерно с хорошими технологическими свойствами: натура зерна 672 г/л, масса 1000 зёрен 47,4 г, плёнчатость 7,76%, содержание белка в зерне 13,5%, крахмала 60,3%. Сорт устойчив к полеганию, осыпанию и весенним заморозкам. Устойчив к пыльной головне. Отличается хорошей выживаемостью, характеризуется как среднеустойчивый к корневым гнилям, слабо поражается стеблевой ржавчиной и полосатой пятнистостью. Родник Прикамья включен в список ценных по качеству сортов РФ.

Памяти Родины. Сорт создан методом гибридизация с последующим индивидуальным отбором в F_2 из гибрида Эколог x Thuringia. Разновидность *nutans*. Включен в Государственный реестр селекционных достижений с 2014 г. Сорт среднеспелый, созревает в среднем за 76 дней. За годы конкурсного сортоиспытания средняя урожайность составила 6,21 т/га, выше стандарта на 0,93 т/га. Памяти Родины формирует крупное зерно с хорошими технологическими свойствами. Масса 1000 зёрен 47–51 г. Памяти Родины устойчив к полеганию. Слабо поражается пыльной головней, характеризуется средней устойчивостью к гельминтоспориозным болезням. Сорт включен в список ценных по качеству сортов РФ.

Форвард. Сорт создан методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации [(Luly x Conrad) x 2867-80] и скринингом в каллусной культуре *in vitro* на селективных питательных средах с ионной токсичностью Al^{3+} и H^+ . Разновидность *nutans*. Сорт среднеспелый, созревает в среднем за 78 дней, устойчив к полеганию. Главное достоинство сорта – толерантность к кислым дерново-подзолистым почвам. Ячмень Форвард конкурентоспособен как на почвах подверженных алюмокислотному стрессу, так и при его отсутствии. За годы конкурсного сортоиспытания средняя урожайность составила 5,50 т/га, выше стандарта на 0,61 т/га, на фоне эдафического стресса прибавка к стандарту составила 0,27 т/га, при урожайности сорта 3,73 т/га. Характеризуется высокой устойчивостью к сетчатой и темно-бурой пятнистостям листьев и средней устойчивостью к полосатой. Сорт зернофуражного использования.

Бионик. Сорт создан методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации [(Luly x Conrad) x Дуэт] и скринингом в каллусной культуре *in vitro* на селективных питательных средах имитирующих токсичные условия кислых почв (Al^{3+} , H^+) и осмотического стресса (ПЭГ). Разновидность *nutans*. Сорт среднеспелый, устойчив к полеганию и засухе, толерантен к кислым дерново-подзолистым почвам, на естественном фоне устойчив к пыльной головне, высокоустойчив к сетчатой пятнистости листьев. Сорт зернофуражного использования.

Адаптивный потенциал сортов ячменя по урожайности. Исследования показали, что варьирование сортов по урожайности в основном определяют экологические факторы. Доля влияния погодных условий в исследованиях составляла 77,4%, эффект взаимодействия «генотип x среда» – 9,6%. Влияние генотипа сорта на варьирование урожайности было значительно меньше – 5,4%. В результате анализа экспериментальных данных конкурсного сортоиспытания установлено, что ранжирование сортов по их экологической стабильности сохранялось для большинства из них при использовании разных методик

оценки (таблица 15).

Таблица 15 – Экологическая стабильность сортов КСИ

Методика оценки			
А.А. Гончаренко, 2005	S.A. Eberhart, W.A. Russell, 1966	А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева, 2005	С.П. Мартынов, 1989
Лель	Памяти Родины	Дина	Памяти Родины
Памяти Родины	Тандем	Памяти Родины	Тандем
Тандем	Лель	Лель	Лель
Купец	Фермер	Тандем	Дина
Дина	Купец	Новичок	Фермер
Родник Прикамья	Родник Прикамья	Родник Прикамья	Новичок
Биос 1	Биос 1	Биос 1	Родник Прикамья
Новичок	Новичок	Фермер	Купец
Фермер	Дина	Купец	Биос 1

Результаты, полученные в контрастные по погодным условиям годы, показали, что сорта Памяти Родины, Тандем и Лель имеют высокую стабильную по годам урожайность.

ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА РОССИИ

Влияние предшественника, сроков сева и норм высева семян на урожайность ячменя. Установлено, что влияние предшественников тесно связано с погодными условиями и сроками сева. Многолетние исследования показали, что при выращивании ячменя на высоком агротехническом фоне разница по урожайности между вариантами с варьирующими коэффициентами высева в большинстве случаев статистически не существенна. Наибольшее влияние на урожайность ячменя оказывает срок сева (рисунок 5).

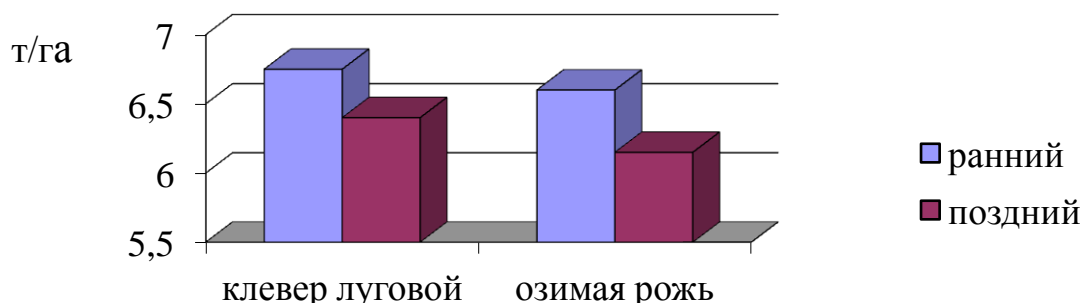


Рисунок 5 – Влияние срока посева на урожайность сортов ячменя при посеве по предшественникам «клевер луговой» и «озимая рожь», 2005–2007 гг.

В благоприятных метеоусловиях ранний посев сортов Тандем и Лель позво-

лил собрать зерна больше на 6,1-13,7% (до 1,05 т/га), чем при позднем сроке сева.

Зависимость урожайности и качества семян ячменя от сроков уборки.

Установлено, что уборка при влажности зерна 23,0–23,6% в фазу восковой спелости (1 срок уборки) привела к достоверному снижению урожайности много-рядных сортов ячменя Лель и Тандем на 0,74 и 0,50 т/га относительно контрольного варианта (таблица 16).

Таблица 16 – Влияние сроков уборки на урожайность (т/га), 2008–2010 гг.

Вариант (фактор В)	Сорта (фактор А)		
	Новичок	Лель	Тандем
1	5,70	5,55	5,53
2 (К)	5,79	6,29	6,03
3	5,95	6,30	6,10
4	5,65	6,32	5,88
НСР ₀₅ (В)	0,42		

Примечание: 1 - ранняя уборка; 2 - оптимальный срок уборки (контроль); 3 - уборка через 5 дней от контроля; 4 - уборка через 10 дней от контроля.

Ранняя уборка (при влажности семян более 23,0%) приводила к достоверному снижению энергии прорастания семян на 21,6–13,9% и лабораторной всхожести – 7,7–3,4% (таблица 17). Задержка с уборкой привела к достоверному снижению продуктивности колоса и растения за счет значительных потерь зерна, снижению показателей «масса 1000 зёрен» и «натура зерна».

Таблица 17 – Влияние влажности зерна при уборке на посевные качества семян, 2008–2010 гг.

Сорт (фактор А)	Вариант (фактор В)	Влажность зерна при уборке, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Новичок	1	23,6	70,8	88,6
	2 (К)	20,8	92,4	96,3
	3	16,2	88,5	98,3
	4	16,2	89,8	97,4
Лель	1	23,0	66,7	90,4
	2 (К)	20,8	80,6	93,8
	3	13,4	89,7	96,3
	4	14,7	83,3	93,9
Тандем	1	23,2	75,8	88,8
	2 (К)	19,2	85,8	90,8
	3	12,6	82,5	90,4
	4	14,6	71,7	88,4
НСР ₀₅ (А)		-	4,0	1,7
(В)		-	4,7	2,0

Примечание: 1 – ранняя уборка; 2 – оптимальный срок уборки (контроль); 3 – уборка через 5 дней от оптимального; 4 – уборка через 10 дней от оптимального.

Установлено, что наиболее сильно подвергаются травмированию семена, убранные при влажности зерна более 20,0% (рисунок 6).

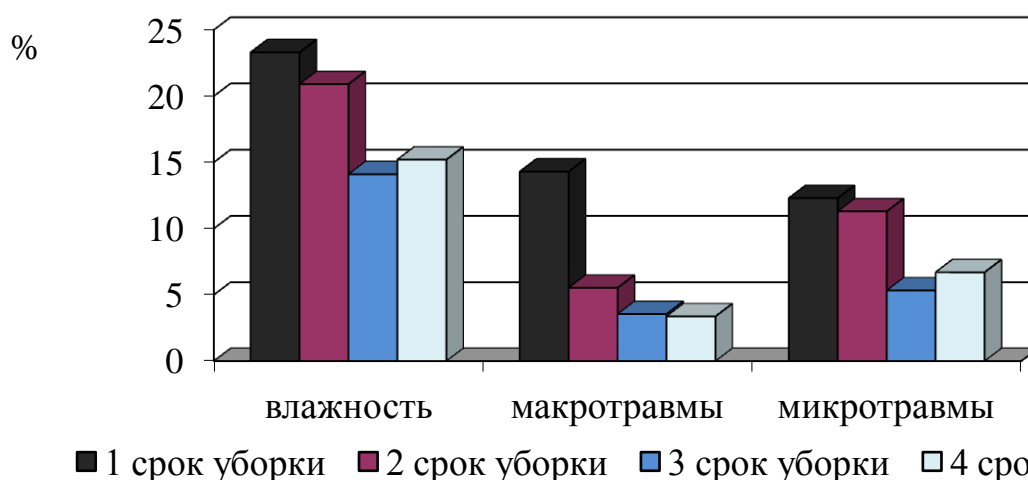


Рисунок 6 – Влияние влажности зерна на его травмирование при разных сроках уборки

Установлена достоверная корреляционная зависимость между влажностью семян при уборке и наличием у них макротравм ($r = 0,60$) и микротравм ($r = 0,69$). Выявлено значительное влияние массы 1000 зёрен на повреждение семян ($r = 0,58$). Достоверно лучшие посевные качества имеют семена, обмолоченные в первые 5 дней после наступления полной спелости.

Влияние продолжительности хранения на посевные качества семян ячменя. Установлено влияние, как сорта, так и погодных условий в период вегетации в год получения семян на их полевую всхожесть в процессе хранения. Выявлено, что сорта ячменя имеют различные темпы снижения всхожести семян, а, следовательно, различный потенциал агрономического долголетия. В частности, семена сорта Тандем сохраняли посевные качества в течение 3-х лет, сортов Новичок и Лель – 4-5-ти лет. При необходимости закладки семян на длительное хранение следует учитывать особенности сорта и условий вегетации растений в год получения семян.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по созданию высокоурожайных устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам сортов ячменя, адаптивных к условиям Волго-Вятского региона, позволили сделать следующие выводы:

1. Разработаны новые подходы в оценке исходного и селекционного материала для селекции ячменя. При подборе исходного материала для селекции в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов необходимо обращать внимание на время наступления и продолжительность основных этапов органогенеза. В зависимости от поставленных задач селекции следует выделять гено-

типы, толерантные к недостатку влаги в фазу «кущение» и повышенным температурам в фазу «колошение», или генотипы с более поздним или ранним наступлением выделенных фаз развития. Значительное отрицательное влияние суммы эффективных температур на продуктивность растений ячменя ($r = -0,62$) и урожайность ($r = -0,75$) указывает на необходимость создания сортов, более устойчивых к повышенным температурам.

2. Создана рабочая коллекция современных источников хозяйственно ценных признаков: скороспелости (17 образцов), сокращения межфазных периодов «всходы-колошение» (12) и «колошение-созревание» (8), урожайности, продуктивной кустистости, массы 1000 зёрен, продуктивности колоса и растения (21), урожайности и устойчивости к полеганию (25), массы 1000 зёрен (8), устойчивости к полеганию (18), комплекса признаков продуктивности растения и устойчивости к болезням (8), устойчивости к пыльной головне (5), комплексной устойчивости к полосатой и сетчатой пятнистостям листьев (16), устойчивости к полосатой (31) и сетчатой (36) пятнистостям листьев, устойчивости к алюмоокислему (27) и осмотическому (15) стрессам.

3. Ведущую роль в формировании урожайности скороспелых сортов ячменя играет продуктивность колоса и растения, устойчивость к полеганию, среднеспелых – продуктивность растений, и в зависимости от погодных условий, масса 1000 зёрен, продуктивная кустистость. Существенный вклад в урожайность сортов многорядного ячменя вносит продуктивность колоса и масса 1000 зёрен, в отдельные годы – продуктивная кустистость. В условиях региона сорта двурядного ячменя формируют урожайность за счет различного сочетания элементов продуктивности.

4. Анализ комбинационной способности ячменя показал, что в зависимости от условий вегетации и родительских форм, участвующих в скрещиваниях, меняются эффекты ОКС и СКС изучаемых признаков. Полученная информация позволила определить стратегию и тактику создания продуктивных генотипов ячменя. Для использования в селекции сортов двурядных ячменя предлагаются доноры хозяйственно ценных признаков: кустистость, длина колоса, количество колосков и зёрен в колосе, масса зерна с колоса и растения – Кедр, Партнер (Россия), Дзівосны (Беларусь), Lamba, Lux (Дания), Crusades (Великобритания), Тамара (Нидерланды); кустистость, длина колоса, количество колосков и зёрен в колосе – Firlbeks Union (Швейцария); кустистость, плотность колоса, количество колосков и зёрен в колосе – Михайловский, Нур (Россия); плотность колоса, количество колосков и зёрен в колосе, масса зерна с колоса – Ача (Россия), Зазерский 85 (Беларусь); длина колоса – Виконт, МИК-1 (Россия), Сталы (Беларусь); плотность колоса – Петр, Тарос (Россия), Annabel (Германия), Patty (Франция), Newgrange (Великобритания); снижение высоты растения – МИК-1, Нур, Михайловский (Россия), Сталы (Беларусь), Цезар (Украина), Annabel (Германия), Тамара (Нидерланды), Lamba (Дания), Crusades (Великобритания); алюмотолерантность – Белорусский 18, Икар, Новичок, RA 889-93, Дуэт, Фермер, 565-98 и RA 530-98 (Россия). Селекционную ценность имеют многорядные

сорта ячменя: общая кустистость – Тандем (Россия); длина и количество зёрен в колосе – Мураш (Россия); масса 1000 зёрен – Зевс (Россия) и Lacombe (Канада).

5. Установлено значительное модифицирующее влияние условий вегетации на систему генетического контроля изучаемых количественных признаков ячменя, за исключением длины колоса и массы 1000 зёрен. Высота растений, общая кустистость, длина колоса, количество зёрен в колосе и масса 1000 зёрен контролируются аддитивно-доминантной системой генов. При этом в одних случаях проявляется преобладающее влияние аддитивных генов, в других – доминантных эффектов. В последнем случае степень доминирования варьирует от неполного до сверхдоминирования. Продуктивность колоса и растения, количество колосков в колосе контролируются доминантно-аддитивной системой генов. Во всех условиях выращивания сверхдоминирование играет главную роль в контроле данных признаков.

6. Сочетание гибридизации, отбора и метода сельскохозяйственной биотехнологии, значительно повышает эффективность получения ценного исходного материала и выведения новых сортов, совмещающих высокую урожайность и устойчивость к комплексу абиотических и биотических стрессовых факторов. Выделены стрессоустойчивые формы для использования в качестве источников устойчивости к алюмокислотному стрессу и засухе – Форвард, RA 780-04, RA 770-04; алюмокислотному стрессу и болезням – Форвард, RA 781-04, RA 530-98, к алюмокислотному стрессу – RA 774-04; к засухе - RA 441-05. На государственное испытание переданы сорта-регенеранты Форвард и Бионик.

7. Анализ влияния отдельных количественных признаков на урожайность позволил разработать основные параметры перспективных сортов двурядного и многорядного ячменя кормового и пивоваренного направлений использования зерна для условий Волго-Вятского региона РФ.

8. Теоретические исследования и экспериментальные данные послужили основой для создания 8 сортов ярового ячменя с комплексом хозяйственно ценных признаков. Сорта Новичок, Тандем, Родник Прикамья и Памяти Родины включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, сорта Форвард и Бионик проходят государственное испытание.

9. Сортвые технологии, основанные на оптимизации срока сева и уборки, повышают урожайность сортов (до 1,05 т/га) и посевные качества семян ячменя.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА

1. Использовать в практической селекции ячменя в Волго-Вятском регионе источники и доноры хозяйственно ценных признаков, выделенные и созданные в процессе исследований.

2. Применять в селекционных программах по созданию толерантных к стрессовым факторам сортов ячменя исходный материал, созданный методом биотехнологии.

3. Широко внедрять в производство, допущенные к использованию в Волго-Вятском регионе обладающие комплексом ценных признаков и свойств сорта ярового ячменя: Новичок, Тандем, Родник Прикамья и Памяти Родины.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Родина, Н.А. Ячмень Новичок / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Селекция и семеноводство. – 2002. – № 1. – С. 13–14.
2. Лисицын, Е.М. Характер наследования признака алюмоустойчивости гибридами F₁ ячменя / Е.М. Лисицын, **И.Н. Щенникова**, Л.Н. Тиунова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 5. – С. 36–38.
3. Лисицын, Е.М. Полигенный характер алюмоустойчивости ячменя / Е.М. Лисицын, **И.Н. Щенникова**, Л.Н. Тиунова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 1. – С. 10–13.
4. Lisitsyn, E.M. Polygenic nature of alu mostability in barley / E.M. Lisitsyn, **I.N. Shchennikova**, L.N. Tiunova // Russian Agricultural Sciences. – V. 33. – № 1. February, 2007. – P. 11–13.
5. **Щенникова, И.Н.** Оценка экологической стабильности сортов ячменя / И.Н. Щенникова, Н.А. Родина, С.А. Куц, М.В. Грибков // Зерновое Хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 7–8.
6. Родина, Н.А. Селекция адаптивных сортов ярового ячменя / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова**, М.В. Грибков // Зерновое Хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 25–27.
7. **Щенникова, И.Н.** Оценка сортов и гибридов ячменя в условиях северо-востока Нечерноземной зоны / И.Н. Щенникова, С.А. Куц, Я.М. Абдушаяева // Успехи современного естествознания. – № 4. – 2007. – С. 21–24.
8. Широких, И.Г. Получение *in vitro* форм ячменя, устойчивых к токсическому действию алюминия на кислых почвах / И.Г. Широких, О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова** // Биотехнология. – 2009. – № 3. – С. 40–48.
9. Родина, Н.А. Реакция новых сортов ячменя на различные приемы технологии / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова**, Л.П. Кокина // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 8. – С. 14–16.
10. Лисицын, Е.М. Изменение потенциала алюмоустойчивости гибридов ячменя под влиянием материнского сорта / Е.М. Лисицын, **И.Н. Щенникова** // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 6. – С. 10–11.
11. **Щенникова, И.Н.** Изучение ярового ячменя по устойчивости к полосатой и сетчатой пятнистости листьев / И.Н. Щенникова, Е.А. Ковригина, О.И. Бутакова // Защита и карантин растений. – 2010. – № 5. – С. 32–34.
12. **Щенникова, И.Н.** Оценка коллекционных образцов ячменя на засухо-

устойчивость / И.Н. Щенникова, О.И. Бутакова // Аграрная наука Евро–Северо–Востока. – 2009. – № 1 (12). – С. 22–24.

13. **Щенникова, И.Н.** Изменение пигментного комплекса флаговых листьев ячменя под действием эдафического стресса / И.Н. Щенникова, Е.М. Лисицын, Л.П. Кокина // Аграрная наука Евро–Северо–Востока. – 2010. – № 1 (16). – С. 24–29.

14. Lisitsyn, E.M. Change in Aluminum Resistance Potential of Barley Hybrids under the Effect of the Maternal Cultivar barley / E.M. Lisitsyn, **I.N. Shchennikova** // Russian Agricultural Sciences. – 2009. – V. 35. – № 6. – P. 371–373.

15. **Щенникова, И.Н.** Комбинационная способность многорядных сортов ячменя / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, О.И. Бутакова // Аграрная наука Евро–Северо–Востока. – 2010. – № 3 (18). – С. 14–18.

16. Назарова, Н.Н. Влияние влажности зерна при уборке на урожайность и посевные качества семян ячменя / Н.Н. Назарова, **И.Н. Щенникова** // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 4. – С. 46–47.

17. **Щенникова, И.Н.** Приемы возделывания многорядного ячменя в Волго-Вятском регионе / И.Н. Щенникова, Н.Н. Назарова, Е.М. Лисицын // Земледелие. – № 6. – 2011. – С. 20–22.

18. **Щенникова, И.Н.** Оценка генофонда ячменя по крупности зерна в условиях Волго-Вятского региона / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, О.И. Бутакова // Аграрная наука Евро–Северо–Востока. – 2011. – № 1 (20). – С. 12–16.

19. Широких, И.Г. Соматоклональная изменчивость и селекция ячменя на устойчивость к алюминию / И.Г. Широких, С.Ю. Огородникова, О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова** // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 5. – С. 96–102.

20. **Щенникова, И.Н.** Новый сорт ярового ячменя Памяти Родиной / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, Р.И. Золотарева // Аграрная наука Евро–Северо–Востока. – 2012. – № 3 (28). – С. 4–6.

21. Бутакова, О.И. Комбинационная способность сортов ярового ячменя / О.И. Бутакова, **И.Н. Щенникова**, А.В. Кунилова // Вестник Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2012. – № 2 (27). – С. 81–84.

22. **Щенникова, И.Н.** Источники хозяйственно ценных признаков для селекции многорядного ячменя в Волго-Вятском регионе / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, А.В. Кунилова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 2. – С. 8–11.

23. **Щенникова, И.Н.** Регенеранты ячменя – исходный материал для селекции сортов в условиях меняющегося климата / И.Н. Щенникова, О.Н. Шуплецова, А.В. Кунилова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2013. – № 3 (34). – С. 9–11.

24. Щеклеина, Л.М. Изменение микрофлоры семян ячменя при хранении / Л.М. Щеклеина, **И.Н. Щенникова** // Защита и карантин растений. – 2013. – № 2. – С. 24–25.

25. **Shchennikova, I.** Sources of economic traits for multirow barley selection in the Volga-Vyatka region / I. Shchennikova, L. Kokina, A. Kunilova // Russian Ag-

ricultural Sciences. – 2013. – V. 39. – № 3. – P. 203–205.

26. **Щенникова, И.Н.** Влияние погодных условий на рост и развитие растений ячменя в Кировской области / И.Н. Щенникова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2014. – № 4. – С.9–13.

27. Шуплецова, О.Н. Разработка схем клеточной селекции для отбора генотипов ячменя, устойчивых к комплексному стрессу токсичности алюминия и водного дефицита / О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова**, И.Г. Широких // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 1-2. – С. 16–20.

28. Shupletsova, O.N. Creation of Barley Genotypes with Complex Resistance to Edaphic Stresses by Methods of Cell Culture / O.N. Shupletsova, **I.N. Shchennikova**, I.G. Shirokikh // Russian Agricultural Sciences. – 2015. – V. 41. – № 2-3. – P. 102–106.

29. **Щенникова, И.Н.** Влияние сорта и условий вегетации на посевные качества семян ячменя при хранении / И.Н. Щенникова, А.В. Кунилова // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 2 (38). – С.12-14.

30. **Щенникова, И.Н.** Модели сортов ярового ячменя для условий Волго-Вятского региона / И.Н. Щенникова // Аграрная наука Евро–Северо–Востока. – 2015. – № 6 (49). – С. 9–14.

Патенты

31. Патент РФ на сорт ячменя ярового Новичок № 1302 от 16.12.1999 г. (Родина Н.А., **Щенникова И.Н.**, Домрачева З.Н., Солодянкина М.М.).

32. Патент РФ на сорт ячменя ярового Тандем № 3380 от 19.11.2003 г. (Родина Н.А., **Щенникова И.Н.**, Куц С.А., Кокина Л.П., Домрачева З.Н., Сюткина В.А., Корякова А.В.).

33. Патент РФ на сорт ячменя ярового Родник Прикамья № 5326 от 22.11.2007 г. (Родина Н.А., **Щенникова И.Н.**, Куц С.А., Кокина Л.П., Домрачева З.Н., Вяткина Р.И., Бессонова Л.В., Корякова А.В.).

34. Патент РФ на сорт ячменя ярового Купец № 6185 от 23.11.2009 г. (Родина Н.А., **Щенникова И.Н.**, Кокина Л.П., Корякова А.В., Шешегова Т.К., Назарова Н.Н. Бутакова О.И.).

35. Патент РФ на сорт ячменя ярового Памяти Родиной № 7150 от 09.11.2011 г. (**Щенникова И.Н.**, Родина Н.А., Кокина Л.П., Корякова А.В., Шешегова Т.К., Бутакова О.И.).

Учебные издания

36. Шуплецова, О.Н. Метод клеточного отбора в создании и оценке исходного материала для селекции ячменя, устойчивого к токсичности алюминия: методическое пособие / О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова**. – Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2012. – 39 с.

Методические указания и рекомендации

37. Баталова, Г.А. Рекомендации по проведению весенне–полевых работ в Кировской области / Г.А. Баталова, Т.К. Шешегова, Л.М. Козлова, Л.В. Андреев, Е.И. Уткина, **И.Н. Щенникова** и др.; под общ. ред. В.А. Сысуева. – Киров: НИИСХ Северо–Востока, 2013. – 68 с.

38. Баталова, Г.А. Методические указания по селекции ячменя и овса / Г.А. Баталова, И.Г. Широких, **И.Н. Щенникова**; под общ. ред. Г.А. Баталовой. – Киров: НИИСХ Северо–Востока, 2014. – 64 с.

Публикации за рубежом

39. Lisitsyn, E.M. Cultivation of barley on acid sod-podzolic soils of north-east of Europe / E.M. Lisitsyn, **I.N. Shchennikova**, O.N. Shupletsova // in Barley Production, Cultivation and Uses. Ed. Steven B. Elfson. – New York: Nova Publ, 2011. – P. 49–92.

40. Лисицын, Е.М. Динамика посевных площадей и продуктивности ячменя и овса в различных регионах Европейской России, имеющих кислые дерново-подзолистые почвы / Е.М. Лисицын, Г.А. Баталова, **И.Н. Щенникова** // Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика. – Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – С. 11–28.

41. Лисицын, Е.М. Генетическая основа алюмоустойчивости овса и ячменя / Е.М. Лисицын, Г.А. Баталова, **И.Н. Щенникова** // Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика. – Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – С. 173–229.

42. **Щенникова, И.Н.** Методы и результаты селекции ячменя на устойчивость к кислым почвам / И.Н. Щенникова // Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика. – Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – С. 307–333.

43. Шуплецова, О.Н. Использование методов клеточной селекции в селекции ячменя, устойчивого к токсичности алюминия / О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова** // Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика. – Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – С. 229–267.

44. **Shchennikova, I.N.** Experience of Studying of Genetic Control of Barley Aluminum Resistance / I.N. Shchennikova, E.M. Lisitsyn // Biological Systems, Biodiversity, and Stability of Plant Communities. – USA: Apple Academic Press, 2015. – P 126–141.

45. Lisitsyn, E.M. Action of Some Genetic Systems of Plants of Oats and Barley Differing on Resistance to Environmental Abiotic Stressors / E.M. Lisitsyn, G.A. Batalova, **I.N. Shchennikova**, L.N. Shikhova // Biological Systems, Biodiversity, and Stability of Plant Communities. – USA: Apple Academic Press, 2015. – P 143–158.

46. Batalova, G.A. Breeding of Grain Crops in Extreme Climatic Conditions / G.A. Batalova, **I.N. Shchennikova**, E. M. Lisitsyn // Temperate Crop Science and

Breeding: Ecological and Genetic Studies. – USA: Apple Academic Press, 2016. – P. 13–17.

47. **Shchennikova, I.N.** Ecological Stability of Spring Barley Varieties / I.N. Shchennikova, E. M. Lisitsyn // Temperate Crop Science and Breeding: Ecological and Genetic Studies. – USA: Apple Academic Press, 2016. – P. 61–78.

48. Shupletsova, O.N. Barley Genotypes (*Hordeum vulgare* L.) Created by the Method of Cell Selection / O.N. Shupletsova, **I.N. Shchennikova**, T.K. Sheshegova // Temperate Crop Science and Breeding: Ecological and Genetic Studies. – USA: Apple Academic Press, 2016. – P. 79–97.

Материалы научно-практических, международных конференций

49. Родина, Н.А. Клеточная селекция ячменя на устойчивость к эдафическому стрессу / Н.А. Родина, Е.А. Родин, О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова** // Сельскохозяйственная наука Северо-Востока Европейской части России: труды НИИСХ Северо-Востока. – Киров, 1995. – Т. 1. – С. 116–123.

50. Родина, Н.А. Скрининг генотипов ячменя на дерново-подзолистых кислых почвах / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Научные проблемы создания новых сортов сельскохозяйственных культур, адаптированных к современным условиям производства и переработки: материалы научной сессии 21-22 июля 1998 г. – СПб., 1998. – С.39–40.

51. Родина, Н.А. Селекция ячменя на кислых почвах / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Тезисы докладов II съезда ВОГИС – СПб., 2000. – Т. 1. – С.63–64.

52. Родина, Н.А. Скрининг генотипов ячменя, толерантных к ионам алюминия на кислых почвах / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Новые методы селекции озимых колосовых культур: сборник научных трудов. – Уфа, 2001. – С. 151–158.

53. Родина, Н.А. Комбинационная способность сортов ячменя / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Селекция, семеноводство и сортовая технология на Северо-Востоке европейской части России – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2001. – С. 28–34.

54. Родина, Н.А. Некоторые результаты селекции ячменя на кислых почвах / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Селекция, семеноводство и сортовая технология на Северо-Востоке европейской части России – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2001. – С. 96–100.

55. Родина, Н.А. Использование мирового генофонда ВНИИР им. Вавилова в селекции ячменя на устойчивость к кислым почвам / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Здоровье – питание – биологические ресурсы. – Киров, 2002. – Т. 1. – С. 238–243.

56. Шуплецова, О.Н. Оценка алюмоустойчивости регенерантов ячменя в провокационных условиях / О.Н. Шуплецова, И.Г. Широких, Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Здоровье – питание – биологические ресурсы. – Киров, 2002. – Т. 1. – С. 244–250.

57. Шуплецова, О.Н. Результаты клеточной селекции ячменя на устойчивость к алюмокислородному стрессу / О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова** // Пути

решения проблем повышения адаптивности, продуктивности и качества зерновых и кормовых культур. – Самара, 2003. – С. 12–14.

58. Шуплецова, О.Н. Оценка регенерантов ячменя в провокационных условиях алюмокислого стресса / О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова** // Современные аспекты селекции, семеноводства, технологии, переработки ячменя и овса. – Киров, 2004. – С. 115–117.

58. Родина, Н.А. Сравнительная оценка алюмотолерантных сортов ячменя / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Проблемы аграрного производства южных регионов России. Селекция, семеноводство и возделывание полевых культур. – Ростов на Дону, 2004. – С. 280–285.

60. Родина, Н.А. Оценка исходного материала на кислых почвах / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Современные аспекты селекции, семеноводства, технологии, переработки ячменя и овса. – Киров, 2004. – С. 96–100.

61. **Щенникова, И.Н.** Селекция сортов ячменя, адаптивных к условиям Северо-Востока НЗ / И.Н. Щенникова // Опыт ИКС АПК Новгородской области в демонстрационной деятельности. – В. Новгород, 2004. – С. 61–62.

62. **Щенникова, И.Н.** Наследование количественных признаков у гибридов ячменя / И.Н. Щенникова, Н.М. Перминова // Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро–Северо–Востока. – Киров, 2005. – Т. 1. – С. 141–144.

63. **Щенникова, И.Н.** Комбинационная способность сортов ячменя, толерантных к ионной токсичности кислых почв / И.Н. Щенникова, Н.М. Перминова // Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро–Северо–Востока. – Киров, 2005. – Т. 1. – С. 29–32.

64. **Щенникова, И.Н.** Клеточная селекция ячменя в Северо-Восточном регионе / И.Н. Щенникова, О.Н. Шуплецова // Проблемы интенсификации и экологизации земледелия России. – п. Рассвет, 2006. – С. 482–486.

65. Родина, Н.А. Некоторые результаты селекции ячменя в Северо-Восточном селекцентре / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Научные основы технологии производства с.–х. продукции. – Саранск, 2006. – С. 203–206.

66. Родина, Н.А. Результаты селекции адаптивных сортов ярового ячменя для условий Волго-Вятского региона / Н.А. Родина, **И.Н. Щенникова** // Проблемы интенсификации и экологизации земледелия России. – п. Рассвет, 2006. – С. 438–440.

67. **Щенникова, И.Н.** Практические результаты использования методов биотехнологии в создании сортов ярового ячменя / И.Н. Щенникова, О.Н. Шуплецова // Современные принципы и методы селекции ячменя. – Краснодар, 2007. – С. 168–172.

68. Баталова, Г.А. Возможности использования биологического потенциала сортов и семян в совершенствовании систем земледелия / Г.А. Баталова, И.Г. Широких, Л.И. Кедрова, **И.Н. Щенникова** и др. // Основные направления совершенствования систем земледелия. – Киров, 2007. – С. 54–62.

69. **Щенникова, И.Н.** Оценка гибридов ячменя в провокационных условиях алюмокислого стресса / И.Н. Щенникова, Н.Н. Назарова // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке. Состояние проблемы, перспективы. –

СПб., 2007. – С. 654–656.

70. Бутакова, О.И. Исходный материал в селекции ячменя / О.И. Бутакова, **И.Н. Щенникова** // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке. Состояние проблемы, перспективы. – СПб., 2007. – С. 654–656.

71. Шуплецова, О.Н. Использование культуры *in vitro* в практической селекции ячменя / О.Н. Шуплецова, **И.Н. Щенникова** // Современная физиология растений: от молекул до экосистем. – Сыктывкар, 2007. – С. 220–221.

72. Бутакова, О.И. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции ячменя / О.И. Бутакова, **И.Н. Щенникова** // Науке нового века – знания молодых. – Киров: Вятская ГСХА, 2008. – Ч.1. – С. 8–12.

73. **Щенникова, И.Н.** Источники хозяйственно ценных признаков для селекции ячменя / И.Н. Щенникова, О.И. Бутакова // Основы повышения эффективности сельскохозяйственного производства евро-северо-востока России. – Кострома, 2008. – С. 279–282.

74. Шешегова, Т.К. Влияние элементов технологии возделывания ячменя на развитие гельминтоспориозных пятнистостей листьев / Т.К. Шешегова, О.А. Мачехина, **И.Н. Щенникова** // Почвы и приёмы повышения эффективности их использования. – Киров: Вятская ГСХА, 2008. – С. 162–165.

75. **Щенникова, И.Н.** Новые сорта ячменя – резерв увеличения производства зерна ячменя в Кировской области / И.Н. Щенникова // Агротехнологические и экологические аспекты развития растениеводства на Евро-Северо-Востоке Российской Федерации. – Киров, 2008. – С. 39–43.

76. **Щенникова, И.Н.** Регенеранты ячменя в практической селекции / И.Н. Щенникова, О.Н. Шуплецова // Селекция, семеноводство и технология возделывания зернофуражных культур. – Ульяновск: Ульяновский НИИСХ, 2008. – С. 122–126.

77. **Щенникова, И.Н.** Современные сорта ярового ячменя / И.Н. Щенникова, Р.И. Вяткина // Современные проблемы устойчивого конструирования агроландшафтов и ресурсосберегающие технологии в сельском хозяйстве Северо-Восточного региона европейской части России. – Пермь, 2009. – С. 151–155.

78. **Щенникова, И.Н.** Напряженность стрессового воздействия и генетический контроль алюмоустойчивости ячменя / И.Н. Щенникова, Е.М. Лисицын // V съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров. – М., 2009. – С. 369.

79. Шуплецова, О.Н. Сомаклональная изменчивость ячменя в практической селекции / О.Н. Шуплецова, И.Г. Широких, **И.Н. Щенникова** // Экспериментальный мутагенез в биологии и сельском хозяйстве. – Киров: Вятская ГСХА, 2009. – С. 118–121.

80. **Щенникова, И.Н.** Оценка сортов ярового ячменя на устойчивость к алюмокислотному стрессу / И.Н. Щенникова, О.Н. Шуплецова, О.И. Бутакова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб., 2009. – Т. 165. – С. 162–168.

81. **Щенникова, И.Н.** Сохранность посевных качеств семян ячменя при хранении / И.Н. Щенникова, Н.Н. Назарова, Л.М. Щеклеина // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в условиях глобального изменения климата. – Казань, 2010. – С. 672–677.

82. Кокина, Л.П. Исходный материал для селекции многорядных ячменей / Л.П. Кокина, **И.Н. Щенникова** // Науче нового века – знания молодых. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – Ч. 1. – С. 71–75.

83. Назарова, Н.Н. Реакция сортов ячменя на предпосевную обработку семян / Н.Н. Назарова, **И.Н. Щенникова**, Е.А. Ковригина, Т.К. Шешегова // Науче нового века - знания молодых. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – Ч. 1. – С. 125–129.

84. Назарова, Н.Н. Влияние сроков уборки на урожайность и посевные качества семян ячменя / Н.Н. Назарова, **И.Н. Щенникова** // Науче нового века – знания молодых. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – Ч.1. – С. 121–125.

85. **Щенникова, И.Н.** Современное состояние производства зерна ячменя / И.Н. Щенникова // Зернофураж России: под общ. ред. В.М. Косолапова. – Москва – Киров: ОАО «Дом печати – ВЯТКА», 2009. – С. 237–242.

86. **Щенникова, И.Н.** Сохранность посевных качеств семян ячменя при хранении / И.Н. Щенникова, Н.Н. Назарова, Л.М. Щеклеина // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в условиях глобального изменения климата. – Казань, 2010. – С. 672–677.

87. Бутакова, О.И. Оценка урожайности мирового генофонда ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона / О.И. Бутакова, А.В. Кунилова, **И.Н. Щенникова** // Науче нового века – знания молодых. – Киров: Вятская ГСХА, 2011. – Ч. 1. – С. 21–27.

88. **Щенникова, И.Н.** Внутривидовая вариабельность генетического контроля алюмоустойчивости ячменя и овса / И.Н. Щенникова, Е.М. Лисицын // Структурные функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – С. 287–290.

89. **Щенникова, И.Н.** Сорты ярового ячменя для условий Волго-Вятского региона / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, Н.Н. Назарова // Новые сорта сельскохозяйственных культур – основная часть инновационных технологий в растениеводстве. - Орел: ГНУ ВНИИЗБК, 2011. – С. 120–126.

90. Бутакова, О.И. Источники устойчивости ярового ячменя к полеганию в условиях Волго-Вятского региона Нечерноземной зоны / О.И. Бутакова, **И.Н. Щенникова** // Развитие научного наследия Н.И. Вавилова в современных селекционных исследованиях. – Казань: Центр инновационных технологий, 2012. – С. 82–86.

91. Шешегова, Т.К. Направления и результаты исследований по иммунитету зерновых культур в НИИСХ Северо-Востока / Т.К. Шешегова, Т.П. Градобоева, Л.М. Щеклеина, Л.И. Кедрова, **И.Н. Щенникова**, А.В. Харина // Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика. – Большие Вяземы: ВНИИФ, 2012. – С. 345–354.

92. **Щенникова, И.Н.** Использование генетических ресурсов коллекции ВИР в селекции ячменя на северо-востоке европейской части России / И.Н. Щенникова // Современные методы использования генетических ресурсов в селекции ячменя и овса. – СПб.: ВИР, 2013. – Т. 171. – С. 143–146.

93. **Щенникова, И.Н.** Регенеранты ячменя с комплексной устойчивостью к стрессовым факторам / И.Н. Щенникова, О.Н. Шуплецова, Т.К. Шешегова // Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье. – Иваново: ПресСто, 2013. – Т. 2. – С. 33–36.

94. **Щенникова, И.Н.** Селекция ячменя в Волго-Вятском регионе / И.Н. Щенникова // Актуальные проблемы научного обеспечения АПК в Сибири (к 185-летию сибирской аграрной науки). – Омск: Вариант-Омск, 2013. – С. 262–265.

95. **Щенникова, И.Н.** Современное состояние производства ячменя / И.Н. Щенникова // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. – С. 507-509.

96. **Щенникова, И.Н.** Долговечность семян ячменя при хранении / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, А.В. Кунилова // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. – С. 500-503.

97. **Щенникова, И.Н.** Роль некоторых технологических приёмов возделывания в синтезе фотосинтетических пигментов флаговыми листьями ячменя / И.Н. Щенникова, Е.М. Лисицын // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. – С. 503–507.

98. **Щенникова, И.Н.** Значение и перспективы селекции ярового ячменя в регионе / И.Н. Щенникова // Селекция, семеноводство и производство зернофуражных культур для обеспечения импортозамещения. – Тюмень, 2015. – С. 126–130.

Авторские свидетельства

Авторское свидетельство № 33574. Ячмень яровой Новичок. Заявка № 9906517 с датой приоритета 16.12.1999 г. Зарегистрировано в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию 28.01.2002 г.

Авторское свидетельство № 40260. Ячмень яровой Тандем. Заявка № 9160097 с датой приоритета 19.11.2003 г. Зарегистрировано в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений 18.12.2006 г., допущен к использованию в 2008 г.

Авторское свидетельство № 48599. Ячмень яровой Родник Прикамья. Заявка № 9253049 с датой приоритета 22.11.2007 г. Зарегистрировано в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений 17.03.2010 г., допущен к использованию с 2011 г.

Авторское свидетельство № 53213. Ячмень яровой Купец. Заявка № 9052444 с датой приоритета 23.11.2009 г. Зарегистрировано в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений 21.11.2011 г.

Авторское свидетельство № 56881. Ячмень яровой Памяти Родиной. Заявка № 8853459 с датой приоритета 09.11.2011 г. Зарегистрировано в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений 02.12.2013 г., допущен к использованию с 2014 г.

Подписано в печать 07.06.2016 г.
Формат 60 x 84/16
Усл.печ.л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ № 23
Отпечатано с оригинал макета

Типография ФГБНУ НИИСХ Северо-Востока
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166-а.

