

На правах рукописи

Борисов Борис Борисович

**РЕАКЦИЯ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ
НА ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ
В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат
диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ижевск 2024 г.

Работа выполнена на кафедре растениеводства, земледелия и селекции федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет»

Научный руководитель:

Исламова Чулпан Марсовна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, земледелия и селекции Удмуртского ГАУ

Официальные оппоненты:

Каргин Василий Иванович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

Рзаева Валентина Васильевна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой земледелия ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «04» июля 2024 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.043.02 при Удмуртском ГАУ по адресу: 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет», на сайте университета <https://udsau.ru/> и на сайте ВАК при Минобрнауки РФ <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, направлять по адресу: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая 11, e-mail: nir210@mail.ru

Автореферат разослан «...» 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.043.02
кандидат сельскохозяйственных наук

Рябова Татьяна Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Основным резервом для получения высокой урожайности зерна является наиболее полная реализация потенциала продуктивности возделываемых сортов. Только за счет внедрения нового сорта можно повысить урожайность на 50–70 % [Жученко А. А., 2011]. В условиях производства реализуется лишь 50–60 % генетического потенциала допущенных к использованию сортов. Главная причина этого – недостаточный уровень адаптивности сортов, которые выступают в качестве решающего фактора реализации потенциальной продуктивности в нерегулируемых условиях среды [Неттевич Э. Д., 2001; Гончаренко А. А., 2005; Сапега В. А., 2008]. По мнению академика А. А. Жученко [2008], «возможности сочетания высокой потенциальной продуктивности и экологической устойчивости даже при максимальном их соответствии местным особенностям среды на уровне сорта, гибрида и смесей сортов одного вида оказываются пока весьма ограниченными. В этом смысле хорошая адаптация и максимальная урожайность не только не взаимоисключающие, а, наоборот, взаимосвязанные показатели».

Изучение закономерностей и особенностей реакции сортов и гибридов полевых культур на изменение условий произрастания занимает центральное место в поиске наиболее рациональных путей управления формированием их урожайности. В современных условиях необходима достоверная информация о степени влияния агрометеорологических и почвенных факторов на формирование урожайности сельскохозяйственных культур для более эффективного управления продуктивным процессом в агрофитоценозах [Kerridge P. C., 1968; Dick W.A., 1985; Jacobsz M. J., 2012; Фатыхов И. Ш., 2014].

В связи с тем, что яровая пшеница и ячмень в зерновом клине Среднего Предуралья занимают лидирующие позиции, исследования по выявлению адаптированных сортов являются весьма актуальными.

Степень разработанности. Исследованию реакции сортов яровых зерновых культур на абиотические условия Среднего Предуралья, приемам технологии возделывания были посвящены работы многих ученых. Была установлена разная реакция сортов ячменя [Фатыхов И. Ш., 1995; 2002; 2019; Коконов С. И., 2002; Мазунина Н. И., 2013; Корепанова Е. В., 2016; Медведева И. Н., 2020; Бортник Т. Ю., 2021; Курбанов Р. Ф., 2021; Щенникова И. Н., 2021; Бабайцева Т. А., 2022], яровой пшеницы [Макарова В. М., 1998; Салимуллин С. Н., 2007; Чирков С. В., 2008; Зубарев Ю. Н., 2009; Эсенкулова О. В., 2009; Ленточкин А. М., 2011, 2022; Дмитриев А. М., 2014; Кадиков Р. К., 2014; Коробейникова О. В., 2015; Абдулвалеев Р. Р., 2016; Исмагилов Р. Р., 2016; Курьлева А. Г., 2016; Исламова Ч. М., 2019; 2022; Поскребышева М. М., 2020; Ухов П. А., 2020; Фатыхов И. Ш., 2020; Khairullin R. M., 2021; Дудина Е. Л., 2022; Иргалина Р. Ш., 2022], овса [Макарова В. М., 1997; Вафина Э. Ф., 2006; Рябова Т. Н., 2013; Колесникова В. Г., 2014; 2021; Фатыхов И. Ш., 2015; 2016; Елисеев С. Л., 2018; Чирков С. В., 2018; Исламова Ч. М., 2019] урожайностью, химическим составом зерна и качеством продукции. Результаты полевых и лабораторных испытаний позволили выдать научно обоснованные рекомендации сельским товаропроизводителям по приемам возделывания сортов яровых зерновых культур, обеспечивающим повышение их продуктивности.

Цель исследования – выявление сортов яровой пшеницы и ячменя с высокими адаптивными свойствами разного эколого-географического происхождения для условий Среднего Предуралья.

Задачи исследования:

- установить сравнительную реакцию сортов яровой пшеницы и ячменя урожайностью зерна, элементами ее структуры, фотосинтетической деятельностью растений;
- оценить параметры экологической адаптивности сортов яровой пшеницы и ячменя;
- определить качество зерна сортов яровой пшеницы и ячменя;
- установить зависимость формирования продуктивности пшеницы и ячменя от метеорологических и эдафических условий;
- дать энергетическую и экономическую оценки полученным результатам.

Научная новизна. Для условий Среднего Предуралья выделены сорта яровой пшеницы Ирень, Йолдыз и ячменя Раушан, Белгородский 100, с продуктивностью более 4 т/га, что выше урожайности в регионе в два раза, характеризующиеся относительно высокими показателями адаптивности. Рассчитаны коэффициенты корреляции и уравнения регрессии между урожайностью яровой пшеницы Ирень и ячменя Раушан с агрохимическими показателями пахотного слоя дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, с метеорологическими условиями по периодам развития растений. Определено содержание аминокислот, микроэлементов в зерне, рассчитаны уравнения регрессии между урожайностью и концентрацией микроэлементов в цепи «почва-растение».

Теоретическая и практическая значимость. Раскрыта реакция сортов яровой пшеницы и ячменя по урожайности зерна на изменяющиеся условия произрастания. Проведены исследования, вносящие вклад в расширение представлений о роли фотосинтетической деятельности посевов культур в формировании продуктивности и вариабельности качества зерна в зависимости от внешних условий среды. Установленные уравнения регрессии между урожайностью и абиотическими условиями представляют особую ценность в решении проблем формирования высокой урожайности и качества зерна.

Практическая значимость исследований заключается во внедрении сортов с высокими адаптивными свойствами в сельскохозяйственное производство на дерново-сильнопodzolistых легкосуглинистых почвах. Представлены результаты, раскрывающие закономерности формирования урожайности и качества зерна данных сортов, апробированных на площади 250 га для яровой пшеницы и 420 га для ячменя в колхозе (СХПК) им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики, в зависимости от метеорологических и эдафических условий.

Методология и методы исследования основаны на анализе современной научной литературы по теме исследования, установлении цели, определении задач, эмпирических исследованиях в виде проведения полевых опытов, производственных испытаний, лабораторных исследований; фенологических наблюдениях и учетов; статистической обработке экспериментальных данных методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

- агроэкологическая оценка реакции сортов яровой пшеницы и ячменя на абиотические условия урожайностью и элементами ее структуры, фотосинтетической деятельностью и качеством зерна;

- связь урожайности зерна яровой пшеницы Ирень, ячменя Раушан с метеорологическими условиями по периодам развития растений и с агрохимическими показателями пахотного слоя дерново-сильнопodzолистой легкосуглинистой почвы.

Степень достоверности и апробация работы. Исследования проводили в соответствии с методиками и ГОСТами, применяемыми в земледелии, растениеводстве и государственном сортоиспытании, энергетическую и экономическую оценку – на основании технологических карт, существенность разницы в показателях между вариантами – методом дисперсионного анализа, наличие тесноты и формы связи – методом корреляционно-регрессионного анализа. Контроль за исполнением методики закладки и проведения полевых опытов ежегодно осуществлялся комиссией агрономического факультета ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ. Результаты проведенных исследований были рассмотрены на заседаниях кафедры растениеводства, земледелия и селекции Удмуртского ГАУ. Материалы диссертации были доложены на научно-практических конференциях: международных – «Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства» (г. Ижевск, 2018), «Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса» (г. Ижевск, 2023), «Интеллектуальный вклад тюркоязычных ученых в современную науку» (г. Ижевск, 2023), национальных – «Современные достижения селекции растений – производству» (г. Ижевск, 2021), «Актуальные вопросы агрономии» (г. Ижевск, 2023), Всероссийской – «Вековое растениеводство» (г. Пермь, 2023).

По материалам работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе 4 работы в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Личное участие автора. Автор принял личное участие в планировании научного эксперимента, проведении полевых опытов, производственных испытаний и лабораторных исследований, получении, анализе, обобщении и научном обосновании научных результатов исследований в течение 2017–2020 гг.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 147 страницах, состоит из 5 глав, выводов, включает 50 таблиц, 25 рисунков, 58 приложений. Список литературы содержит 268 источников, из них 18 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность и благодарность за помощь, и поддержку доктору сельскохозяйственных наук, профессору Ильдусу Шамилевичу Фатыхову, председателю колхоза (СХПК) имени Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики, кандидату сельскохозяйственных наук Владимиру Александровичу Капееву.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Проведен обзор отечественных и иностранных источников научной литературы о реакции на абиотические условия сортов полевых культур, в том числе яровой пшеницы и ячменя, урожайностью и качеством зерна.

2 ОБЪЕКТ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследований – сорта яровой пшеницы и ярового ячменя.

Место проведения полевых исследований – колхоз (СХПК) им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики (в течение 2017–2020 гг.).

Опыт 1. Агрэкологическая оценка сортов яровой пшеницы. Схема опыта: 1) Симбирцит (st.); 2) Ирень; 3) Буляк; 4) Йолдыз; 5) Гранни.

Опыт 2. Агрэкологическая оценка сортов ярового ячменя. Схема опыта: 1) Сонет (st.); 2) Раушан; 3) Родник Прикамья; 4) Памяти Чепелева; 5) Белгородский 100.

Общая площадь делянки – 60 м², учетная – 50 м². В течение 2016–2021 гг. были проведены производственные испытания реакции яровой пшеницы Ирень, ячменя Раушан на абиотические условия.

Полевые опыты проводили согласно Методике государственного сортоиспытания [1985], Методике полевого опыта [Доспехов Б. А., 1985], производственные испытания – Методике государственного сортоиспытания [2019].

Лабораторные исследования – по общепринятым методикам. Анализ посевного материала: энергия прорастания – по ГОСТ 12038-84, всхожесть – по ГОСТ 12038-84, чистота – по ГОСТ 12037-81, масса 1000 семян – по ГОСТ 12042-80;

Отбор проб почвы – по ГОСТ 58595-2019. Агрэхимический анализ почвы: содержание гумуса – по И. В. Тюрину в модификации ЦИНАО [ГОСТ 26213-2021]; содержание подвижного фосфора и калия – по А. Т. Кирсанову в модификации ЦИНАО [ГОСТ Р 54650-2011]; обменная кислотность (рН_{KCl}) – потенциометрическим методом [ГОСТ 58594-2019]. Индивидуальный и комплексный коэффициенты плодородия – по Методике расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации..., [2017].

Фенологические наблюдения, анализ структуры урожайности во всех вариантах – по Методике государственного ..., [1989]; В. М. Макаровой, [1995]; Площадь листовой поверхности – методом высечек, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза – по А. А. Ничипорович, [1961]; Практикум по физиологии, [1990]; сорная и зерновая примеси в урожае – по ГОСТ 30483-97; натура зерна – по ГОСТ 10840-2017, масса 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89, стекловидность – по ГОСТ 10987-76, содержание белка – по ГОСТ 10846-91; массовая доля сырой клейковины – по ГОСТ 54478-2011, пленчатость – по ГОСТ 10843-76.

Содержание 70 химических элементов в зерне и 53 химических элементов в пахотном слое почвы – в аналитическом сертификационном испытательном центре (АСИЦ) ВНИИ минерального сырья имени Н.М. Федоровского (ВИМС) по методике НСАМ № 512-МС. Содержание азота в зерне – по ГОСТ 13496.4-2019, фосфора – по ГОСТ 26657-97 и калия – по ГОСТ 32250-2013. Аминокислотный состав зерна – по ГОСТ 32195-2013 в лаборатории ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Пластичность и стабильность сортов яровой пшеницы и ячменя – по методике S. A. Eberhart и W. F. Russel [1966] в изложении В. А. Зыкина и др. [1984], по Методике расчета и оценки..., [2005].

Энергетическая и экономическая оценки – на основании технологических карт выращивания яровой пшеницы и ячменя [Типовые нормативно-технологические карты..., 2004; Энергетическая оценка эффективности; 2016].

Существенность разницы в показаниях между вариантами путем дисперсионного анализа, наличие тесноты и формы связи – корреляционного и регрессионного анализа [Доспехов Б. А., 1985].

Пахотный слой дерново-сильнопodzолистой легкосуглинистой почвы опытных участков при сортоиспытании содержал: гумуса – от повышенного до высокого, кислотность – от среднекислой до близкой к нейтральной, подвижного фосфора от повышенного до очень высокого, калия – от высокого до очень высокого. В производственных посевах яровая пшеница Ирень и ячмень Раушан возделывались на дерново-сильнопodzолистой легкосуглинистой почве. Пахотный слой почвы среднекультуренный: содержание гумуса – от среднего до высокого; подвижного фосфора – от среднего до очень высокого и калия – от низкого до очень высокого; обменная кислотность – от среднекислой до нейтральной.

Метеоусловия вегетационных периодов в годы проведения исследований отличались по среднесуточной температуре воздуха и сумме осадков: 2016 г. и 2021 г. характеризовались как значительно засушливые, 2018 г., 2019 г. и 2020 г. – достаточно увлажненные, 2017 г. – переувлажненный.

Технология возделывания при сортоиспытании. В севообороте сорта яровой пшеницы и ячменя высевали после ярового рапса на семена. Обработку почвы проводили в соответствии с требованиями адаптивно-ландшафтной системы земледелия [Научные основы..., 2015]. После уборки предшественника была проведена зяблевая обработка почвы – мелкая на глубину 12–14 см БДМ-7, весной – боронование зяби в два следа БЗТС-1, культивация – КПС-4, предпосевная культивация – КМН-8-4. Под культивацию вносили минеральные удобрения. Дозу минеральных удобрений рассчитывали на планируемую урожайность зерна 3,5 т/га с учетом агрохимических свойств почвы и выноса элементов питания с урожаем. Посев проводили сеялкой СН-16 обычным рядовым способом на глубину 3–4 см, с нормой посева яровой пшеницы – 6 млн штук всхожих семян на 1 га, ячменя – 5 млн штук всхожих семян на 1 га. В фазе кущения посевы яровой пшеницы и ячменя опрыскивали гербицидом Дерби 175, КС – 50 г/га, расход рабочего раствора 300 л/га. Способ уборки – однофазный в фазе полной спелости зерна. Перед уборкой проводили отбор растений с пробных площадок поделочно для определения структуры урожайности.

Технология возделывания в производственных посевах. Обработка почвы, приёмы посева, ухода и уборки в технологии возделывания яровой пшеницы и ячменя в колхозе (СХПК) им. Мичурина соответствовали зональным рекомендациям [Фатыхов И. Ш., 2015]. После уборки предшественника была проведена зяблевая обработка почвы – мелкая на глубину 12–14 см БДМ-7, весной – боронование зяби в два следа БЗТС-1, культивация – КПС-4, предпосевная культивация – КМН-8-4. Инкрустация семян яровой пшеницы проведена баковой смесью (Сертикор, КС – 0,8 л/т + Табу, ВСК – 0,4 л/т + ЖУСС – 2 л/т), ячменя (Дивидент Суприн – 2 л/т + Альбит – 0,04 л/т + Табу ВСК – 0,4 л/т + ЖУСС – 2 л/т) с расходом рабочего раствора 10 л/т. Срок посева – ранний, посевным комплексом Great Plains, с одновременным внесением сложных минеральных удобрений $N_{15}P_{15}K_{15}$. Норма высева яровой пшеницы – 5,5 млн штук всхожих семян на 1 га, ячменя 4,5 млн штук всхожих семян на 1 га, на глубину 3-4 см. Через 4 суток после посева провели корневую подкормку сеялками СЗ-3,6 поперёк посева аммиачной селитрой $N_{34,4}$, с одновременным боронованием БП-0,6. В фазе кущения опрыскивали посеы яровой пшеницы баковой смесью –Дерби 175, КС – 50 г/га + Эстерон, КЭ – 600 г/га +мочевина – 6 кг/га в физическом весе; посеы ячменя баковой смесью – Колосаль Про – 0,5 л/га + Борей – 0,1 л/га + мочевина – 6 кг/га в физическом весе, расход рабочего раствора – 300 л/га. Уборка однофазная при полной спелости и влажности зерна не выше 20–22 %, комбайнами Дон-1500 и Acros-550. Перед уборкой проводили отбор растений с пробных площадок (1 м²) в 6 точках, проходя по диагонали поля, для определения структуры урожайности.

3 РЕАКЦИЯ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА АБИОТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Агрэкологическая оценка сортов яровой пшеницы. Реакция изучаемых сортов яровой пшеницы на абиотические условия проявилась урожайностью зерна: 3,57 – 4,95 т/га в 2017 г.; 3,49 – 4,19 т/га в 2018 г.; 2,84 – 4,10 т/га в 2019 г; 5,44 – 7,05 т/га в 2020 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Реакция сортов яровой пшеницы на абиотические условия урожайностью зерна, т/га

Сорт	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Симбирцит (st.)	4,51	4,19	2,84	6,67	4,55
Ирень	4,46	4,10	4,00	7,05	4,90
Буляк	4,31	3,53	2,96	5,44	4,06
Йолдыз	4,95	3,49	4,10	6,97	4,88
Гранни	3,57	3,98	3,35	6,76	4,42
Среднее	4,36	3,86	3,45	6,56	4,56
НСР ₀₅	0,27	0,49	0,54	0,35	0,25
Индекс среды I _j	-0,20	-0,70	-1,11	2,02	–

Относительно наиболее благоприятные абиотические условия были в 2020 г. при индексе среды +2,02. В этом году наибольшую урожайность зерна 7,05 т/га

сформировал сорт яровой пшеницы Ирень. Сорт Буляк существенно снизил на 1,23 т/га урожайность зерна в сравнении с 6,67 т/га у стандартного сорта Симбирцит при НСР₀₅ – 0,35 т/га. Относительно худшие абиотические условия сложились в 2019 г., где индекс среды равнялся -1,11. Более высокую урожайность 4,00 т/га и 4,10 т/га зерна соответственно обеспечили сорта Ирень и Йолдыз, что существенно выше на 1,16 т/га и 1,26 т/га урожайности (2,84 т/га) у стандарта Симбирцит при НСР₀₅ – 0,54 т/га. У сорта Буляк урожайность была на уровне урожайности стандартного сорта.

В 2017 г. реакция сорта Йолдыз на абиотические условия проявилась наибольшей урожайностью 4,95 т/га, а сорта Гранни – наименьшей 3,57 т/га. Урожайность 4,95 т/га зерна яровой пшеницы Йолдыз существенно превышала на 0,44 т/га урожайность 4,51 т/га стандартного сорта Симбирцит при НСР₀₅ – 0,27 т/га. Реакция сортов Симбирцит и Ирень на абиотические условия 2018 г. выразилась наибольшей урожайностью зерна 4,19 и 4,10 т/га соответственно. Остальные сорта яровой пшеницы имели урожайность 3,49–3,98 т/га.

В среднем за 2017–2020 гг. сорта Ирень и Йолдыз сформировали урожайность 4,90 и 4,88 т/га соответственно, что существенно выше на 0,35 и 0,33 т/га урожайности стандартного сорта Симбирцит при НСР₀₅ – 0,25 т/га.

При расчете вклада факторов в формирование урожайности зерна яровой пшеницы было установлено, что абиотические условия оказывают влияние на 70 %. На долю влияния сорта приходится 20 %. Вклад случайных факторов составляет 4 % и взаимодействия факторов – 6 %.

Сорта Ирень, Йолдыз сформировали к уборке больше на 22–60 шт./м² продуктивных растений и на 21–37 шт./м² продуктивных стеблей (НСР₀₅ – 16 шт./м²). Сорта яровой пшеницы в среднем имели продуктивную кустистость 1,15–1,24. У сортов Буляк, Йолдыз и Гранни она составила 1,22–1,24 и была на уровне аналогичного значения стандарта. Наибольшую выживаемость 89 % растений за вегетацию имел сорт Ирень, что на 7–10 % больше аналогичного значения у остальных сортов (НСР₀₅ – 2 %).

Наибольшее 28,5–29,3 шт. зерен в колосе было у сортов Симбирцит, Ирень, Йолдыз, Гранни, что на 2,3–3,1 шт. превышало аналогичный показатель (26,2 шт.) у пшеницы Буляк (НСР₀₅ – 0,8 шт.). Более высокой массой 1000 зерен характеризовались сорта Ирень (34,4 г) и Йолдыз (34,4 г). У пшеницы Буляк данный показатель был существенно ниже на 0,9 г, чем масса 1000 зерен (33,6 г) у сорта Симбирцит (НСР₀₅ – 0,7 г). Продуктивность колоса у сортов Йолдыз (1,00 г), Ирень (1,01 г) была больше на 0,04 г и 0,05 г аналогичного показателя (0,96 г) у стандарта Симбирцит (НСР₀₅ – 0,04 г).

Более высокая урожайность сортов пшеницы Йолдыз и Ирень была обусловлена существенным увеличением площади листовой поверхности в фазе выхода в трубку на 4,0 и 4,1 тыс. м²/га, в фазе колошения – на 2,5 и 2,7 тыс. м²/га соответственно и в фазе молочного состояния зерна – на 1,4 тыс. м²/га относительно аналогичных значений у стандарта Симбирцит. Сорта Йолдыз и Ирень сформировали за вегетацию наибольший ФП 1275 и 1284 тыс. м² × сут. на 1 га соответственно.

Оценка сортов яровой пшеницы по параметрам экологической пластичности и адаптивности. Наибольший коэффициент вариации урожайности 42,7 % был у сортов Симбирцит и 44,0 % – у Гранни (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты экологической пластичности и адаптивности сортов яровой пшеницы, 2017–2020 гг.

Сорт	Параметр экологической пластичности			Параметр адаптивности		
	коэффициент вариации, V, %	коэффициент пластичности, b_i	коэффициент стабильности, Sd^2	стрессоустойчивость, $Y_2 - Y_1$, т/га	средняя урожайность, $(Y_1 + Y_2)/2$, т/га	размах урожайности, d, %
Симбирцит (st.)	42,7	1,10	0,45	-3,83	4,76	57,4
Ирень	36,1	1,03	0,12	-3,05	5,53	43,3
Буляк	32,4	0,74	0,25	-2,48	4,20	45,6
Йолдыз	38,1	1,04	0,65	-3,48	5,23	49,9
Гранни	44,0	1,09	0,54	-3,41	5,06	50,4

Сорта Симбирцит и Гранни, имеющие коэффициент пластичности 1,10 и 1,09 соответственно, относятся к интенсивному типу, отзывчивые на изменение условий выращивания. Сорт яровой пшеницы Буляк имел пластичность 0,74, поэтому его можно отнести к полуинтенсивному типу, который при оптимальных условиях формирует высокую урожайность, а при неблагоприятных абиотических условиях и низком агрофоне снижает свою продуктивность. Сорта Ирень и Йолдыз, у которых коэффициент пластичности был равен 1,03 и 1,04 соответственно ($b_i=1$), характеризовались как пластичные, т.е. для них характерно полное соответствие изменения урожайности от абиотических условий вегетационного периода.

Относительно самой высокой стабильностью урожайности ($Sd^2=0,12$) характеризовался сорт Ирень. Повышенную устойчивость к стрессу имели сорта яровой пшеницы Буляк – 2,48 т/га и Ирень – 3,05 т/га. По максимальному соотношению между генотипом и факторами среды (стрессовых и нестрессовых) условиях, (5,53 т/га) выделился сорт Ирень. Минимальный размах урожайности ($d=43,3\%$) имел также сорт Ирень.

Химический состав и качество зерна сортов яровой пшеницы. Больше содержание азота в зерне имела пшеница Ирень (2,36 % – в 2017 г., 2,45 % – в 2019 г., 2,10 % – в 2020 г.), более высокая концентрация фосфора 1,25 % была в зерне сорта Йолдыз в 2017 г., в 2019 г. – у пшеницы Ирень (1,16 %), в 2020 г. у сортов Симбирцит и Ирень (1,06 %), калия – в 2017 г. – у сортов Буляк и Йолдыз (0,65 %), в 2019 г. – у пшеницы Ирень (0,54 %), в 2020 г. – у сортов Симбирцит и Ирень (0,69 %). Наибольшим содержанием белка 13,5 % в 2017 г., 12,3 % – в 2019 г., 12,0 % – в 2020 г. характеризовалось зерно у пшеницы Ирень, что соответствовало требованиям 2 и 3 класса качества [ГОСТ 9353-2016]. В 2017 г. и в 2020 г. зерно сорта Буляк содержало больше сырой клейковины, в 2019 г. – зерно у пшеницы Ирень и по данному показателю зерно сортов соответствовало требованиям 3 класса качества. В среднем за годы исследований относительно высокая стекло-

видность зерна 70 % была у сорта Ирень. Сорта яровой пшеницы Ирень и Йолдыз отличились незначительной вариабельностью по годам по накоплению в зерновках белка (6,3 % и 9,7 % соответственно) и клейковины (5,3 % и 7,7 % соответственно).

Зависимость формирования продуктивности пшеницы Ирень от метеорологических и эдафических условий. В результате корреляционного анализа было выявлено, что урожайность зерна яровой пшеницы Ирень, полученная с производственных посевов, имела среднюю положительную корреляционную связь ($r=0,59\pm 0,14$) с кислотностью почвы, ($r=0,36\pm 0,16$) с содержанием гумуса, ($r=0,34\pm 0,16$) подвижных форм фосфора и ($r=0,33\pm 0,16$) калия (таблица 3).

Таблица 3 – Корреляция урожайности яровой пшеницы Ирень с агрохимическими показателями пахотного слоя почвы

Показатель	Коэффициент		Уравнение регрессии
	корреляции ($r\pm Sr$)	детерминации ($dxу$)	
Урожайность – содержание гумуса	0,36±0,16*	0,13	$Y=0,513x+1,93$
Урожайность – кислотность почвы	0,59±0,14*	0,35	$Y=1,491x+4,90$
Урожайность – содержание P_2O_5 в почве	0,34±0,16*	0,11	$Y=0,002x+3,15$
Урожайность – содержание K_2O в почве	0,33±0,16*	0,11	$Y=0,003x+3,00$
Урожайность – содержание цинка	0,91±0,10*	0,84	$Y=0,145x-4,98$
Урожайность – содержание кобальта	0,62±0,20*	0,39	$Y=0,179x+1,76$
Урожайность – содержание меди	0,95±0,07*	0,91	$Y=0,259x-1,89$
Урожайность – содержание молибдена	0,95±0,07*	0,91	$Y=1,630x+2,71$
Урожайность – содержание мышьяка	-0,67±0,19*	0,45	$Y=-0,536x+6,09$
Урожайность – содержание селена	0,46±0,22*	0,21	$Y=1,217x+2,99$
Урожайность – содержание кадмия	0,70±0,18*	0,49	$Y=2,659x+3,06$
Урожайность – содержание свинца	0,31±0,24*	0,10	$Y=0,089x+2,71$

Примечание: * - существенно на 5 %-ном уровне значимости

Урожайность зерна яровой пшеницы Ирень имела сильную положительную корреляционную связь с содержанием в пахотном слое почвы цинка $r=0,91\pm 0,10$, меди – $r=0,95\pm 0,07$, молибдена – $r=0,95\pm 0,07$. Корреляция урожайности с содержанием кобальта $r=0,62\pm 0,20$, селена $r=0,46\pm 0,22$, кадмия $r=0,70\pm 0,18$ и свинца $r=0,31\pm 0,24$ – средняя положительная. Между урожайностью и содержанием мышьяка в пахотном слое почвы была обратная средняя корреляционная связь ($r=-0,67\pm 0,19$).

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно отличались между собой и от среднесуточных по температурному режиму (сумма активных температур от 1410 °С до 1648 °С, среднесуточная температура от 12,8 °С до 18,7 °С), по количеству выпавших осадков (от 114 мм до 338 мм), их распределению по периодам роста и развития растений яровой пшеницы.

Установлена сильная отрицательная корреляционная связь урожайности зерна со среднесуточной температурой воздуха в периоды: всходы – кущение $r=-0,91\pm 0,07$, посев – полная спелость $r=-0,82\pm 0,10$ и с суммой активных темпе-

ратур в период всходы – кущение $r = -0,88 \pm 0,08$. Повышение среднесуточной температуры воздуха за эти периоды снижало урожайность зерна (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между урожайностью и метеорологическими условиями по периодам развития яровой пшеницы Ирень, 2016–2021 гг.

Период развития	Коэффициент		Уравнение регрессии
	корреляции ($r \pm Sr$)	детерминации (dxy)	
Среднесуточная температура, °С			
Посев – всходы	$-0,30 \pm 0,16^*$	0,09	$y = -0,014x + 1,55$
Всходы – кущение	$-0,91 \pm 0,07^*$	0,83	$y = -0,048x + 3,10$
Кущение – выход в трубку	$-0,36 \pm 0,16^*$	0,13	$y = -0,142x + 1,89$
Выход в трубку – колошение	$-0,60 \pm 0,14^*$	0,36	$y = -0,140x + 0,61$
Колошение – полная спелость	$-0,56 \pm 0,14^*$	0,32	$y = -0,018x + 2,53$
Посев – полная спелость	$-0,82 \pm 0,10^*$	0,66	$y = -0,025x + 0,27$
Сумма температур выше +10 °С			
Посев – всходы	$0,12 \pm 0,17^*$	0,01	$y = 0,071x + 6,12$
Всходы – кущение	$-0,88 \pm 0,08^*$	0,77	$y = -0,790x + 4,59$
Кущение – выход в трубку	$-0,15 \pm 0,17^*$	0,02	$y = 0,281x + 17,25$
Выход в трубку – колошение	$-0,61 \pm 0,14^*$	0,37	$y = -0,329x + 52,83$
Колошение – полная спелость	$0,18 \pm 0,17^*$	0,03	$y = 0,160x + 54,64$
Посев – полная спелость	$-0,49 \pm 0,15^*$	0,24	$y = -0,606x + 1,71$
Сумма осадков, мм			
Посев – всходы	$0,30 \pm 0,16^*$	0,09	$y = 0,063x - 0,56$
Всходы – кущение	$0,85 \pm 0,09^*$	0,72	$y = 0,117x - 2,62$
Кущение – выход в трубку	$0,44 \pm 0,15^*$	0,19	$y = 0,296x + 5,13$
Выход в трубку – колошение	$0,90 \pm 0,07^*$	0,81	$y = 0,055x + 2,70$
Колошение – полная спелость	$0,54 \pm 0,14^*$	0,29	$y = 0,240x - 0,16$
Посев – полная спелость	$0,87 \pm 0,08^*$	0,76	$y = 0,006x + 2,11$

Примечание: * - существенно на 5%-ном уровне значимости

Выявлена средняя обратная корреляция урожайности зерна со среднесуточной температурой воздуха в периоды кущение – выход в трубку ($r = -0,36 \pm 0,16$), выход в трубку – колошение ($r = -0,60 \pm 0,14$) и колошение – полная спелость ($r = -0,56 \pm 0,14$).

Урожайность яровой пшеницы Ирень находилась в средней обратной корреляционной связи ($r = -0,61 \pm 0,14$) с суммой температур за период выход в трубку – колошение. Урожайность сильно коррелировала с суммой осадков, которые выпадали в следующие периоды развития пшеницы Ирень: всходы – кущение ($r = 0,85 \pm 0,09$), выход в трубку – колошение ($r = 0,90 \pm 0,07$), за вегетацию ($r = 0,87 \pm 0,08$).

Качество зерна яровой пшеницы Ирень в производственных посевах. При сложившейся урожайности 3,94–4,05 т/га зерна яровой пшеницы Ирень концентрация незаменимых аминокислот может различаться в 1,73 раза в зависимости от изменяющихся условий года. Наибольшая концентрация незаменимых (10,62 %) и заменимых (12,51 %) аминокислот была в зерне урожая 2018 г. при урожайности зерна 3,94 т/га, когда в период колошение – полная спелость среднесуточная температура была выше на 1,0 °С и 3,9 °С, сумма активных температур – на 17 °С и 255 °С относительно аналогичных показателей в 2017 г. и 2019 г. соответственно.

Изменяющиеся условия разных лет исследований позволяют получать зерно яровой пшеницы с содержанием клейковины, отвечающим требованиям продовольственного зерна 1–3 класса качества в соответствии с требованиями ГОСТ 9353-2016. Наибольшее содержание в зерне белка 14,1 % и 14,2 %, сырой клейковины 35,6 % было отмечено в урожае 2017 г. и 2021 г., натура и стекловидность – 798 г/л и 74 % соответственно в 2019 г. В производственных испытаниях яровая пшеница имела незначительную вариабельность по содержанию белка (5,9 %), клейковины (6,8 %) и стекловидности зерна (5,2 %), что согласуется с данными, полученными при проведении полевых опытов. Изменчивость натуры зерна в зависимости от изменяющихся условий года – сильная (27,7 %).

4 РЕАКЦИЯ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ НА АБИОТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Агроэкологическая оценка сортов ярового ячменя. Реакция сортов ячменя на абиотические условия проявилась урожайностью зерна 3,29–4,55 т/га в 2017 г.; 2,01–3,50 т/га – в 2018 г.; 3,03–3,53 т/га – в 2019 г.; 4,86–5,88 т/га – в 2020 г. (таблица 5). Относительно наиболее благоприятные абиотические условия для формирования средней урожайности 5,48 т/га у сортов ячменя сложились в 2020 г. при индексе условий среды $I_j=+1,65$. Относительно худшие абиотические условия были в 2018 г., что подтверждено высоким отрицательным индексом среды ($I_j=-1,10$) и низкой средней урожайностью 2,73 т/га у сортов.

Таблица 5 – Реакция сортов ячменя на абиотические условия урожайностью зерна, т/га

Сорт	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Сонет (st.)	3,41	2,63	3,53	5,29	3,69
Раушан	4,07	3,50	3,45	5,88	4,25
Памяти Чепелева	3,29	2,01	3,14	5,63	3,52
Белгородский 100	4,55	3,00	3,03	5,76	4,09
Родник Прикамья	3,82	2,49	3,23	4,86	3,60
Среднее	3,83	2,73	3,28	5,48	3,83
НСР ₀₅	0,39	0,26	0,25	0,12	0,12
Индекс среды I_j	0,00	-1,10	-0,55	+1,65	

В среднем за 2017–2020 гг. наибольшую урожайность 4,25 т/га и 4,09 т/га имели сорта Раушан и Белгородский 100, что выше на 0,56 т/га и 0,40 т/га урожайности стандарта Сонет при НСР₀₅ – 0,12 т/га. Наименьшая урожайность 3,52 т/га была у сорта Памяти Чепелева, что существенно ниже на 0,17 т/га, или на 5 %, урожайности ячменя Сонет. У сорта Родник Прикамья урожайность была на уровне аналогичного показателя у стандарта.

В среднем за годы исследований наибольшей 84 % полевой всхожестью обладали семена ячменя Раушан, что превышало на 4 % данный показатель у сорта Сонет и на 2–4 % у остальных сортов (НСР₀₅–2 %). Существенно больше на 18–38 шт./м² продуктивных растений к уборке сформировали сорта Раушан и Белго-

родский 100 ($НСР_{05} = 13 \text{ шт./м}^2$). У сортов Раушан и Белгородский 100 наблюдали значительное увеличение больше на 73 и 28 шт./м^2 продуктивных стеблей соответственно ($НСР_{05} = 13 \text{ шт./м}^2$) относительно 434 шт./м^2 у стандарта Сонет. Более высокая продуктивная кустистость (1,53) была у ячменя Раушан, превышение составило 0,06–0,15 относительно аналогичных значений у остальных сортов ($НСР_{05}=0,03$). Наибольшую 87 % выживаемость растений за вегетацию имел ячмень Раушан. Остальные сорта уступали на 2–7 % по данному показателю ячменю Раушан при $НСР_{05} = 2 \%$. Высокое количество зерен сформировалось в колосе у сорта Раушан, что значительно превышало на 1,0 шт. озерненность соцветия (17,3 шт.) у стандарта ($НСР_{05} = 1,1 \text{ шт.}$). Большой массой 1000 зерен – 52,5 г обладал сорт Памяти Чепелева. У других сортов существенной разницы по данному показателю не было выявлено. Продуктивность колоса у ячменя Раушан (0,92 г) превышала на 0,02 г продуктивность соцветия (0,88 г) у стандарта Сонет и на 0,02 г – у сорта Белгородский 100.

Наибольшая средняя урожайность 4,25 т/га ячменя Раушан была сформирована существенно большей площадью листьев 15,2 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ – в фазе кущения, 44,8 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ – в фазе выхода в трубку, 31,2 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ – в фазе колошения и 22,2 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ – в фазе молочного состояния зерна. Данный сорт имел значительно высокий ФП 2099 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сут.}$ на 1 га за вегетацию.

Наибольшее влияние на формирование урожайности ячменя 64 % оказывали абиотические условия года. Вклад сорта составил 15 %. На 13 % продуктивность ячменя зависела от взаимодействия факторов (сорт+абиотические условия). Доля случайных факторов – 8 %.

Оценка сортов ячменя по параметрам экологической пластичности и адаптивности. Сорта Раушан и Сонет обладали высокой отзывчивостью на изменение условий среды ($b_i=0,92\dots0,93$). Ячмень Родник Прикамья является сортом полунтенсивного типа со слабой реакцией на улучшение условий выращивания ($b_i=0,82$). Сорта Белгородский 100 и Памяти Чепелева относительно требовательны ($b_i=1,07\dots1,26$) к абиотическим условиям. Относительно низкую вариабельность урожайности наблюдали у ячменя Родник Прикамья ($Sd^2=0,11$). Наибольшие колебания урожайности имел сорт Белгородский 100, при стабильности урожайности 0,45, что свойственно сортам интенсивного типа (таблица 6).

Таблица 6 – Коэффициенты экологической пластичности и адаптивности сортов ячменя, 2017–2020 гг.

Сорт	Параметр экологической пластичности			Параметр адаптивности		
	коэффициент вариации, V, %	коэффициент пластичности, b_i	коэффициент стабильности, Sd^2	стрессоустойчивость, Y_2-Y_1 , т/га	генетическая гибкость, $(Y_1+Y_2)/2$, т/га	размах урожайности, d, %
Сонет (st.)	41,9	0,92	0,20	2,66	3,96	50,3
Раушан	33,0	0,93	0,20	2,43	4,67	41,3
Памяти Чепелева	52,9	1,26	0,17	3,62	2,58	64,3
Белгородский 100	39,9	1,07	0,45	2,76	4,38	47,9
Родник Прикамья	34,0	0,82	0,11	2,37	3,68	48,8

Зависимость формирования продуктивности ячменя Раушан от метеорологических и эдафических условий. Проведенный корреляционный анализ позволил выявить, что между урожайностью зерна ячменя и агрохимическими показателями пахотного слоя почвы имеется прямая положительная корреляция: средняя с кислотностью почвы ($r=0,51\pm 0,15$), с содержанием гумуса ($r=0,32\pm 0,16$), с концентрацией K_2O ($r=0,37\pm 0,16$) и слабая – с концентрацией P_2O_5 ($r=0,28\pm 0,16$).

Таблица 7 – Корреляционная связь урожайности ячменя Раушан с агрохимическими показателями пахотного слоя почвы

Показатель	Коэффициент		Уравнение регрессии
	корреляции ($r\pm Sr$)	детерминации (dx_y)	
Урожайность – содержание гумуса	$0,32\pm 0,16^*$	0,10	$Y=0,651x+1,69$
Урожайность – кислотность почвы	$0,51\pm 0,15^*$	0,26	$Y=1,600x+5,10$
Урожайность – содержание P_2O_5	$0,28\pm 0,16^*$	0,08	$Y=0,005x+3,06$
Урожайность – содержание K_2O	$0,37\pm 0,16^*$	0,14	$Y=0,008x+2,62$
Урожайность – содержание цинка	$0,45\pm 0,22^*$	0,21	$Y=0,044x+1,40$
Урожайность – содержание кобальта	$0,80\pm 0,15^*$	0,64	$Y=2,141x+1,17$
Урожайность – содержание меди	$0,78\pm 0,16^*$	0,60	$Y=0,678x-9,60$
Урожайность – содержание молибдена	$0,72\pm 0,17^*$	0,52	$Y=1,841x+3,04$
Урожайность – содержание мышьяка	$0,76\pm 0,16^*$	0,57	$Y=0,366x+2,42$
Урожайность – содержание селена	$0,69\pm 0,18^*$	0,48	$Y=4,863x+2,14$
Урожайность – содержание кадмия	$0,82\pm 0,14^*$	0,67	$Y=16,393x+0,99$
Урожайность – содержание свинца	$0,88\pm 0,12^*$	0,77	$Y=1,183x-9,67$

Примечание: * - существенно на 5%-ном уровне значимости

Расчеты показали, что урожайность зерна ячменя характеризовалась высокой положительной корреляционной связью с концентрацией в почве микроэлементов: кобальта ($r=0,80\pm 0,15$), меди ($r=0,78\pm 0,16$), молибдена ($r=0,72\pm 0,17$), мышьяка ($r=0,76\pm 0,16$), кадмия ($r=0,82\pm 0,14$), свинца ($r=0,88\pm 0,12$).

Метеорологические условия вегетационных периодов ячменя в годы исследований различались по температурному и водному режиму. За период посев – всходы между урожайностью и среднесуточной температурой установлена отрицательная средняя корреляция ($r=-0,46\pm 0,15$) и положительная слабая ($r=0,21\pm 0,17$) с суммой осадков (таблица 8).

Корреляция урожайности со среднесуточной температурой за период всходы – кущение была отрицательной сильной ($r=-0,81\pm 0,10$), но с суммой осадков за данный период – положительная средняя ($r=-0,40\pm 0,16$). Растения ячменя также отрицательно сильно реагировали на повышение среднесуточной температуры в период кущение – выход в трубку ($r=-0,76\pm 0,11$).

Урожайность ячменя определяли осадки, так как корреляционная связь сильная положительная за периоды кущение – выход в трубку ($r=0,79\pm 0,11$). Урожайность находилась в положительной сильной корреляционной связи с суммой осадков ($r=0,87\pm 0,08$) и в отрицательной сильной ($r=-0,85\pm 0,02$) со среднесуточной температурой воздуха в период посев – полная спелость.

Таблица 8 – Коэффициенты корреляции между урожайностью и метеорологическими условиями по периодам развития ячменя Раушан, 2016 – 2021 гг.

Период развития	Коэффициент		Уравнение регрессии
	корреляции ($r \pm Sr$)	детерминации (dxu)	
Среднесуточная температура, °С			
Посев – всходы	-0,46±0,15*	0,21	$y = -0,128x + 5,14$
Всходы – кущение	-0,81±0,10*	0,65	$y = -0,385x + 8,55$
Кущение – выход в трубку	-0,76±0,11*	0,58	$y = -0,206x + 6,50$
Выход в трубку – колошение	-0,48±0,15*	0,23	$y = -0,198x + 7,35$
Колошение – полная спелость	-0,53±0,15*	0,28	$y = -0,151x + 6,62$
Посев – полная спелость	-0,85±0,02*	0,72	$y = -0,412x + 10,04$
Сумма температур выше +10°С			
Посев – всходы	0,16±0,17*	0,02	$y = 0,003x + 3,44$
Всходы – кущение	-0,69±0,12*	0,48	$y = -0,016x + 6,30$
Кущение – выход в трубку	0,01±0,17*	0,00	$y = 0,0019x + 3,64$
Выход в трубку – колошение	-0,60±0,14*	0,36	$y = -0,007x + 6,75$
Колошение – полная спелость	0,42±0,16*	0,17	$y = 0,0411x + 1,12$
Посев – полная спелость	-0,27±0,17*	0,07	$y = -0,003x + 7,93$
Сумма осадков, мм			
Посев – всходы	0,21±0,17*	0,04	$y = 0,012x + 3,51$
Всходы – кущение	0,40±0,16*	0,16	$y = 0,022x + 3,32$
Кущение – выход в трубку	0,79±0,11*	0,62	$y = 0,031x + 2,22$
Выход в трубку – колошение	0,64±0,13*	0,42	$y = 0,015x + 2,83$
Колошение – полная спелость	0,25±0,17*	0,06	$y = 0,002x + 3,51$
Посев – полная спелость	0,87±0,08*	0,76	$y = 0,008x + 1,98$

Примечание: * - существенно на 5%-ном уровне значимости

Качество зерна ячменя Раушан в производственных посевах. В зерне ячменя Раушан наибольшее содержание имели аминокислоты лейцин и изолейцин (2,08–2,58 %), аргинин (2,43–2,95 %). В абиотических условиях 2017 г., когда в период уборки стояла жаркая и сухая погода, концентрация аминокислот составила 17,45 % на сухое вещество при урожайности зерна 5,02 т/га. В 2018 г. и 2019 г. (умеренно теплая с избыточным увлажнением погода) сумма аминокислот была ниже на 2,84 % при урожайности 3,60 т/га и 4,32 % – при 3,82 т/га соответственно относительно аналогичных показателей в 2017 г.

Зерно ячменя Раушан, полученное с производственных посевов, по натуре зерна отвечало требованиям 1 класса качества согласно ГОСТ 28672-2019. Высоконатурное зерно ячменя (687 г/л) сформировалось в 2017 г. В этот год отмечалась относительно низкая пленчатость зерна (10,3 %). Натура и пленчатость зерна имели коэффициент вариации, равный 25,6 % и 34,2 %, что характеризовало значительную вариабельность признака от изменяющихся условий произрастания.

5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКИ

Самая низкая себестоимость 1 кг зерна была у сортов яровой пшеницы Ирень (4,14 руб.) и Йолдыз (4,16 руб.), ячменя Раушан (4,12 руб.) и Белгородский 100 (4,27 руб.) (таблица 9). Наибольший чистый доход и уровень рентабельности имели сорта яровой пшеницы Ирень (28691 руб./га, 141 % соответственно), Йолдыз (28495 руб./га, 140 %), ячменя Раушан (24981 руб./га, 143 %) и Белгородский 100 (23428 руб./га, 134 %).

Таблица 9 – Энергетическая и экономическая эффективность возделывания сортов яровой пшеницы и ячменя, среднее 2017–2020 гг.

Сорт	Полные затраты энергии		Выход био-энергии, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Себестоимость 1 кг зерна, руб.	Чистый доход с 1 га, руб.	Уровень рентабельности, %
	МДж/га	МДж/кг продукции					
Яровая пшеница							
Симбирцит (st.)	19 719	4,33	75 576	2,83	4,40	25 461	127
Ирень	19 887	4,06	81 389	3,09	4,14	28 691	141
Буляк	19 485	4,80	67 437	2,46	4,94	20 537	102
Йолдыз	19 877	4,07	81 057	3,08	4,16	28 496	140
Гранни	19 657	4,45	73 416	2,73	4,53	24 199	121
Ячмень							
Сонет (st.)	19 204	5,20	61 291	2,19	4,67	15 991	93
Раушан	19 472	4,58	70 593	2,63	4,12	24 981	143
Памяти Чепелева	19 123	5,43	58 467	2,06	4,92	17 895	103
Белгородский 100	19 396	4,74	67 935	2,50	4,27	23 428	134
Родник Прикамья	19 161	5,32	59 796	2,12	4,78	18 806	109

Сорта яровой пшеницы Ирень и Йолдыз, в виду формирования высокой урожайности зерна, расходуют 19877 МДж/га и 19887 МДж/га полных затрат энергии на их выращивание. Также данные сорта обеспечивают наибольший выход биоэнергии 81057–81389 МДж/га и коэффициент энергетической эффективности, равный 3,08–3,09. Энергетическая оценка технологии возделывания ярового ячменя выявила более эффективные сорта с коэффициентом 2,63 (Раушан) и 2,50 (Белгородский 100). При выращивании этих сортов на получение 1 кг продукции затрачивалось меньше энергии 4,58 МДж и 4,74 МДж соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Урожайность зерна сортов яровой пшеницы зависела от изменяющихся почвенных и метеорологических факторов на 70 %, ячменя – на 64 %. На долю сорта приходилось 20 % и 15 % соответственно.
2. Высокую урожайность зерна имели сорта яровой пшеницы Ирень (4,90 т/га) и Йолдыз (4,88 т/га), которая сформировалась при существенно большей на 2 %

полевой всхожести семян, на 21–60 шт./м² продуктивных растений и на 21–37 шт./м² продуктивных стеблей к уборке, на 0,04–0,05 г массы зерна колоса и существенно большей площади листьев в фазе выхода в трубку 26,8 и 26,9 тыс. м²/га, в фазе колошения – 22,6 и 22,8 тыс. м²/га и в фазе молочного состояния зерна – 16,0 м²/га и ФП 1275 и 1284 тыс. м² × сут. на 1 га за вегетацию соответственно.

3. Сорты яровой пшеницы Ирень и Йолдыз при коэффициентах $b_i=1,03$ и $b_i=1,04$ являются пластичными, или приспособленными к изменяющимся условиям произрастания. Высокий показатель стабильности урожайности ($Sd^2=0,12$) имела пшеница Ирень, что характеризует ее как способную формировать стабильно высокую урожайность при разнообразии почвенно-метеорологических условий.

4. Зерно сортов яровой пшеницы Ирень и Йолдыз отвечало 1–3 классам качества продовольственного зерна и отличалось слабой вариабельностью ($V=5,3\dots 9,7$ %) по данному признаку в зависимости от изменяющихся условий произрастания.

5. Урожайность пшеницы Ирень имела среднюю положительную корреляцию ($r=+0,59\pm 0,14$) с кислотностью почвы, ($r=+0,36\pm 0,16$) с содержанием гумуса, ($r=+0,34\pm 0,16$) с концентрацией подвижных форм фосфора, ($r=+0,33\pm 0,16$) калия и сильную положительную с содержанием в пахотном слое почвы цинка ($r=0,91\pm 0,10$), меди ($r=0,95\pm 0,07$), молибдена ($r=0,95\pm 0,07$).

6. Установлена сильная отрицательная корреляционная связь урожайности зерна яровой пшеницы Ирень со среднесуточной температурой воздуха за период всходы–кущение ($r=-0,91\pm 0,07$) и с суммой активных температур – всходы–кущение ($r=-0,88\pm 0,08$). Корреляция урожайности зерна положительная сильная с суммой осадков, выпавших в периоды: всходы–кущение ($r=0,85\pm 0,09$), выход в трубку–колошение ($r=0,90\pm 0,07$).

7. Наибольшую урожайность зерна имели сорта ячменя Раушан 4,25 т/га и Белгородский 100 – 4,09 т/га, которая сформировалась при 332 и 326 шт./м² продуктивных растений, 507 и 462 шт./м² продуктивных стеблей, 18,3 и 17,6 шт. озерненности, 0,92 и 0,90 г массе зерна. Высокой урожайности ячменя Раушан соответствовала существенно большая площадь листьев 15,2 тыс. м²/га – в фазе кушения, 44,8 тыс. м²/га – в фазе выхода в трубку, 31,2 тыс. м²/га – в фазе колошения и 22,2 тыс. м²/га – в фазе молочного состояния зерна и ФП 2099 тыс. м² × сут. на 1 га за вегетацию.

8. Сорты ячменя Раушан и Сонет обладали высокой отзывчивостью на изменение условий среды ($b_i=0,92\dots 0,93$). Сорты Белгородский 100 и Памяти Чепелева относительно требовательны ($b_i=1,07\dots 1,26$) к абиотическим условиям.

9. Натура и пленчатость зерна ярового ячменя Раушан, имея коэффициент вариации, равный 25,6 % и 34,2 %, характеризовали высокую вариабельность качества зерна от изменяющихся условий произрастания.

10. Зависимость урожайности ячменя Раушан положительная средняя ($r=0,51\pm 0,15$) от рН пахотного слоя, ($r=0,37\pm 0,16$) содержания подвижного калия и ($r=0,32\pm 0,16$) гумуса и слабая положительная ($r=0,28\pm 0,16$) – от содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы. Урожайность ячменя Раушан имела высокую положительную корреляционную связь с концентрацией в почве кобальта ($r=0,80\pm 0,15$), меди ($r=0,78\pm 0,16$), молибдена ($r=0,72\pm 0,17$), мышьяка ($r=0,76\pm 0,16$), кадмия ($r=0,82\pm 0,14$), свинца ($r=0,88\pm 0,12$).

11. Корреляционная связь урожайности зерна ячменя Раушан сильная отрицательная со среднесуточной температурой воздуха за периоды: всходы – кущение ($r=-0,81\pm 0,10$), кущение – выход в трубку ($r=-0,76\pm 0,11$) и сильная положительная с суммой осадков за период кущение – выход в трубку ($r=0,79\pm 0,11$).

12. Высокие коэффициенты энергетической эффективности технологии возделывания получены у сортов яровой пшеницы Ирень (3,09), Йолдыз (3,08), ячменя Раушан (2,63), Белгородский 100 (2,50), уровень рентабельности при этом составил 134–143 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Из сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Волго-Вятскому региону, характеризующихся относительно высокой урожайностью, коэффициентами экологической пластичности и стабильности урожайности и качеством зерна, рекомендуем возделывать в Среднем Предуралье сорта яровой пшеницы Ирень, Йолдыз и ячменя Раушан, Белгородский 100.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Химический состав дерново-сильнопodzолистой легкосуглинистой почвы при длительном сельскохозяйственном использовании / И. Ш. Фатыхов, Н. А. Бусоргина, Б. Б. Борисов, Ч. М. Исламова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3(54). – С. 82-86.

2. Экологическая пластичность и адаптивность сортов ярового ячменя в абиотических условиях Среднего Предуралья / Б. Б. Борисов, Ч. М. Исламова, И. Ш. Фатыхов, Н. И. Мазунина // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 2(30). – С. 31-38.

3. Влияние почвенно-климатических условий Удмуртской Республики на урожайность и химический состав зерна ячменя сорта Раушан / И. Ш. Фатыхов, Ч. М. Исламова, Б. Б. Борисов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 4(60). – С. 61-66.

4. Оценка продуктивности и экологической адаптивности сортов яровой пшеницы в условиях Среднего Предуралья / Б. Б. Борисов, Ч. М. Исламова, Е. В. Корепанова, И. Ш. Фатыхов // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 6(60). – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_614.pdf.

Статьи в журналах, материалах конференций и тематических сборниках

1. Капеев, В. А. Эффективность возделывания пшеницы в СХПК им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики / В. А. Капеев, Б. Б. Борисов, И. И. Фатыхов // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 13–16 февраля 2018 года / ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Том III. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 131-137.

2. Фатыхов, И. Ш. Реакция агрофитоценоза яровой пшеницы Ирень на абиотические условия / И. Ш. Фатыхов, Ч. М. Исламова, Б. Б. Борисов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2(58). – С. 29-36.

3. Борисов, Б. Б. Содержание азота, фосфора и калия в зерне сортов яровой пшеницы / Б. Б. Борисов, Ч. М. Исламова, И. Ш. Фатыхов // Современные достижения селекции растений - производству : материалы Национальной научно-практической конференции, Ижевск, 15 июля 2021 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 30-33.

4. Динамика содержания микроэлементов в почвах колхоза (СХПК) им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики / И. Ш. Фатыхов, Е. В. Корепанова, В. Н. Гореева [и др.] // Интеллектуальный вклад тюркоязычных ученых в современную науку : материалы Международной научной конференции, посвященной 30-летию Татарского общественного центра Удмуртии, Ижевск, 25–26 ноября 2021 года / Отв. за выпуск И.Ш. Фатыхов. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 254-258.

5. Исламова, Ч. М. Качество зерна сортов яровой пшеницы / Ч. М. Исламова, Б. Б. Борисов // Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ. В 3-х томах, Ижевск, 28 февраля – 05 марта 2023 года. Том 1. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 40-43.

6. Аминокислотный состав зерна ячменя Раушан / Ч. М. Исламова, Б. Б. Борисов, Е. В. Корепанова, И. Ш. Фатыхов // ВЕКовое растениеводство : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры растениеводства, Пермь, 15 декабря 2023 года. – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2023. – С. 100-104.

7. Аминокислотный состав белка яровой пшеницы Ирень в зависимости от абиотических условий / Ч. М. Исламова, Б. Б. Борисов, Е. В. Корепанова [и др.] // Актуальные вопросы агрономии : материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора сельскохозяйственных наук, почетного работника высшего профессионального образования, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики профессора Ильдуса Шамильевича Фатыхова, Ижевск, 05 октября 2023 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 34-39.