

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Захарова

На правах рукописи

Захарова Надежда Николаевна

**АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ
И ЕГО СЕЛЕКЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЛЕСОСТЕПИ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант –
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Исайчев Виталий Александрович

Ульяновск 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	С. 5
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА (обзор литературы)	12
1.1 Пшеница мягкая в мировом земледелии	12
1.2 Производство и использование пшеницы мягкой в России	22
1.3 Озимая мягкая пшеница в Ульяновской области	29
1.4 Современное состояние и достижения в селекции озимой мягкой пшеницы в России	35
1.5 Методы и теоретические аспекты селекции пшеницы на экологическую адаптивность	46
1.6 Средовой фактор в реализации генотипа и критерии оценки экологической адаптивности растений	56
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКИ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	64
2.1 Объекты и методики исследований	64
2.2 Условия проведения исследований	72
2.2.1 Природно-климатическая характеристика Ульяновской области	72
2.2.2 Почвенные, агротехнические и погодные условия при проведении полевых исследований	77
ГЛАВА 3 ДИНАМИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЕКЦИЮ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	83
3.1 Динамика агроклиматических ресурсов	83
3.2 Теоретическое обоснование потенциальной урожайности озимой мягкой пшеницы по обеспеченности Ульяновской области агроклиматическими ресурсами	92
ГЛАВА 4 ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ВЗАИМОСВЯЗИ И	101

ИСТОЧНИКИ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ

4.1 Зимостойкость озимой мягкой пшеницы	101
4.1.1 Факторы перезимовки в лесостепи Среднего Поволжья и сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по зимостойкости	101
4.1.2 Зимостойкость и урожайность	110
4.2 Вегетационный период озимой мягкой пшеницы	115
4.2.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по дате колошения	115
4.2.2 Вегетационный период и зимостойкость	125
4.2.3 Вегетационный период и урожайность	130
4.2.4 Вегетационный период и масса 1000 зёрен	134
4.3 Высота растений озимой мягкой пшеницы	138
4.3.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по высоте растений	139
4.3.2 Высота растений и зимостойкость	144
4.3.3 Высота растений и вегетационный период	148
4.3.4 Высота растений и устойчивость к полеганию	152
4.3.5 Высота растений и урожайность	154
4.4 Урожайность озимой мягкой пшеницы	159
4.4.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по урожайности	159
4.4.2 Структура урожайности озимой мягкой пшеницы	164
4.4.2.1 Густота продуктивного стеблестоя и показатели её обуславливающие	164
4.4.2.2 Продуктивность главного колоса и элементы её структуры	175
4.5 Оценка параметров экологической адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы по показателю «урожайность зерна»	183
4.6 Качество зерна озимой мягкой пшеницы	195
4.6.1 Количество сырой клейковины	196
4.6.2 Качество клейковины	200
4.6.3 Стекловидность зерна	202
4.6.4 Натура зерна	205

ГЛАВА 5 РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	208
5.1 Стратегия селекционной работы по озимой мягкой пшенице	208
5.2 Оценка урожайности и параметров экологической адаптивности селекционных линий озимой мягкой пшеницы по показателю «урожайность зерна»	210
5.3 Характеристика новых сортов и перспективных селекционных линий озимой пшеницы селекции ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ	219
5.4 Экономическая и энергетическая оценка новых сортов озимой мягкой пшеницы	228
ГЛАВА 6 О МИКРОЗОНАЛЬНОМ РАЙОНИРОВАНИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ	231
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	241
РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ	246
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	248
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	249
ПРИЛОЖЕНИЯ	307

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Одна из важнейших задач России на современном этапе – обеспечение стабилизации производства сельскохозяйственной продукции внутри страны и повышение её конкурентоспособности на мировом рынке. В этой связи сельское хозяйство страны переживает сложный период поиска наиболее рациональных путей повышения эффективности своего производства. При этом выведению новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур придаётся особое значение.

Сорт растений любой полевой культуры является фундаментом, на котором строятся все остальные элементы её агротехнологии. Значение новых сортов в увеличении урожайности, валовых сборов и улучшении качества продукции в настоящее время не ослабевает как по причине общей тенденции биологизации интенсификационных процессов в растениеводстве, так и в связи с локальными и глобальными изменениями климата. Для эффективного использования сортов в производстве важно знать их потенциальную урожайность и степень её реализации, качественные показатели, реакцию на изменение агроэкологических условий, устойчивость к стрессовым факторам среды.

Озимая мягкая пшеница является широко распространенной культурой во всём Среднем Поволжье, в том числе и в Ульяновской области, площадь посева в которой превышает 250 тыс. га (более $\frac{1}{4}$ всей посевной площади). Возделываемый в регионе сортовой состав данной культуры представлен преимущественно сортами российской селекции различных зон её выведения, в меньшей степени – иностранными сортами. Частые засушливые явления разной интенсивности в период вегетации культуры и в предпосевной её этап, а также неблагоприятно складывающиеся в отдельные годы условия зимнего периода приводят к резким колебаниям урожайности озимой мягкой пшеницы по годам и качества её зерна. Это свидетельствует о недостаточной экологической устойчивости культуры в целом и, в частности, возделываемого в настоящее время сортимента озимых пшениц. В связи с этим в регионе остро стоит проблема увеличения экологической адаптив-

ности озимой мягкой пшеницы, которая может быть решена в том числе за счёт селекционного улучшения культуры, повышения и максимального использования адаптивного потенциала создаваемых и подбираемых для возделывания в производстве сортов.

На решение вышеперечисленной проблемы были направлены исследования, которые проводились на базе опытного поля федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» в соответствии с тематическими планами научно-исследовательских работ за период с 2011 по 2021 гг. (регистрационные номера 01201157933 и 121040500101-5).

Степень разработанности темы. Вопросам изучения озимой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье: её возделывания, селекции, сортового состава посвящены работы Г.К. Мейстера (1928), С.В. Рабинович (1972), Н.В. Тупицына (1990, 1999, 2001, 2007, 2012), В.А. Потушанского (2003), Н.А. Егорцева (2003), А.Ф. Сухорукова (2003, 2015^A, 2015^B, 2017, 2018^A, 2018^B), С.В. Косенко (2009, 2019), В.Г. Кривобочек (2012), П.В. Полушкина (2013), Н.С. Эйгес (2016), Б.А. Дорохова (2018), С.Н. Немцева (2019), Р.Б. Шариповой (2020), Крупнова В.А. (2013), А.И. Прянишникова (2016, 2018), Г.Я. Масловой (2018), И.Д. Фадеевой (2018) и др. Исследования экологической адаптивности мягкой пшеницы, оценка адаптивных свойств ее сортов нашли отражение в научных трудах А.М. Бурдун (1984), В.А. Сапега (1999, 2013), А.А. Гончаренко (2005^A, 2005^B, 2016^A, 2016^B), И.Н. Кудряшова (2005), В.А. Драгавцева (2006), А.И. Грабовца (2008, 2020), В.В. Сюкова (2008^A, 2010, 2015^B), В.Г. Кривобочек (2010, 2019), Л.А. Кононенко (2010, 2012), Н.П. Замлилы (2011), В.А. Зыкина (2011), А.С. Корзун (2011), В.С. Валекжанина (2012), В.Г. Захарова (2012), И.А. Рыбась (2016, 2018), Е.В. Агеевой (2018), Н.В. Репко (2018), И.Д. Фадеевой (2018^A), Г.Я. Масловой (2019), Н.В. Давыдовой (2020), Б.И. Сандухадзе (2021^B) и др.

Цель и задачи исследований. Цель исследований – выявить потенциальные возможности проявления признаков и свойств озимой мягкой пшеницы, имеющих адаптивное значение, теоретически обосновать их селекционное ис-

пользование, выделить высокопродуктивные генотипы, различающиеся по адаптивно-значимым показателям, с целью создания эколого-биологической системы сортов, обеспечивающей стабилизацию и повышение производства зерна данной культуры. Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Установить факторы внешней среды, лимитирующие возделывание озимой мягкой пшеницы в регионе, динамику их изменения и обосновать формирование потенциальной урожайности культуры по обеспеченности климатическими ресурсами;

2. Изучить исходный материал озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения и выделить источники отдельных и комплекса хозяйственно-ценных показателей для адаптивной селекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья;

3. Установить вклад сорта, условий среды и их взаимодействия в фенотипическую изменчивость хозяйственно-ценных признаков и свойств озимой мягкой пшеницы и определить показатели, обеспечивающие эффективный отбор в селекции культуры;

4. Исследовать особенности формирования качества зерна озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья;

5. Установить корреляционно-регрессионные зависимости между хозяйственно-ценными показателями озимой мягкой пшеницы;

6. Оценить адаптивные свойства сортов и линий озимой мягкой пшеницы, выделить высокопродуктивные генотипы, различающиеся по адаптивно-значимым показателям и разработать эколого-биологическую систему сортов;

7. Провести анализ данных государственного сортоиспытания озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, дать агроэкологическую оценку испытываемым сортам и обосновать их микрорайонное районирование.

Научная новизна. Применительно к условиям лесостепи Среднего Поволжья, в контексте тенденции изменения климата установлена динамика проявления лимитирующих погодных факторов в период вегетации озимой пшеницы и в отдельные фазы её роста и развития. Дана комплексная оценка морфобиологиче-

ских показателей сортов и коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Определён вклад сорта, условий среды и их взаимодействия в изменчивость морфобиологических показателей озимой мягкой пшеницы и установлены корреляционно-регрессионные зависимости между ними. В результате изучения исходного материала выделены источники отдельных и комплекса хозяйственно-ценных показателей, которые рекомендованы для вовлечения в селекционный процесс культуры в лесостепи Среднего Поволжья. На их основе создан новый исходный материал, перспективные линии и сорта озимой мягкой пшеницы, адаптированные к местным агроэкологическим условиям. Впервые в зоне проведения исследований для возделываемого в производстве сортимента озимой мягкой пшеницы определены параметры экологической адаптивности по показателю «урожайность зерна» и установлены условия формирования зерна высокого качества. Научно обоснована целесообразность введения микрорегионального районирования, применительно к почвенно-климатическим условиям Ульяновской области.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты исследований положены в основу создания сортов озимой мягкой пшеницы Студенческая нива и Октябрьская. Сорт Студенческая нива включён в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Средневолжскому региону Российской Федерации в 2022 г., сорт Октябрьская – в 2023 г. Созданные перспективные селекционные линии, а также сорта озимой мягкой пшеницы, переданные на государственное сортоиспытание, характеризуются сочетанием высокой урожайности и адаптивности.

Получены новые знания о динамике проявления лимитирующих погодных факторов в период вегетации озимой мягкой пшеницы и в отдельные фазы её роста и развития. Установленные закономерности использованы в селекционном процессе культуры при создании адаптивных сортов и линий. Выделены и предложены в качестве исходного материала для селекции озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья источники отдельных и комплекса хозяйственно-ценных признаков и свойств. Сформировано научно обоснованное представление

вклада сорта, условий среды и их взаимодействия в реализацию урожайности озимой мягкой пшеницы и элементов её структуры, зимостойкости, вегетационного периода, высоты растений и качества зерна. Определены показатели, по которым эффективны отборы в селекционном процессе культуры и свойственна высокая отзывчивость на улучшение условий возделывания. Разработана эколого-биологическая система сортов и предложен адаптивный подход микрорайонирования сортов озимой мягкой пшеницы применительно к почвенно-климатическим условиям Ульяновской области.

Методология и методы исследований. Методология проведённых исследований включала общенаучные и теоретические методы: аналогию, анализ, синтез, обобщение, использованные при работе с научными публикациями отечественных и зарубежных авторов, при анализе экспериментальных данных, а также эмпирические методы – полевые и лабораторные эксперименты, наблюдения, учёты, измерения, сравнения, описания.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Лимитирующие факторы внешней среды, снижающие урожайность и качество зерна озимой мягкой пшеницы в зоне исследований, их динамика, обоснование направления селекции на адаптивность.
2. Вклад сорта, условий среды и их взаимодействия в изменчивость морфо-биологических показателей озимой мягкой пшеницы.
3. Источники отдельных и комплекса селекционно-ценных признаков и свойств для адаптивной селекции озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья.
4. Корреляционно-регрессионные зависимости между отдельными хозяйственно-ценными показателями озимой мягкой пшеницы.
5. Оценка экологической адаптивности сортов и селекционных линий озимой мягкой пшеницы по показателю «урожайность зерна».
6. Хозяйственно-биологическая оценка созданных сортов и перспективных селекционных линий озимой мягкой пшеницы, выведенных в ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ.

7. Агрэкологическая оценка сортов озимой мягкой пшеницы государственного сортоиспытания Ульяновской области и микроразональное районирование.

Степень достоверности результатов исследований. В основу научно-исследовательской работы положены общепринятые методики, ГОСТы, используемые в растениеводстве, а также математическая обработка полученных экспериментальных данных (дисперсионный, вариационный, корреляционно-регрессионный анализы), что позволяет считать результаты достоверными, а выводы и рекомендации, предложенные для практических целей – обоснованными. Проверка соблюдения методики закладки опытов по сортоиспытаниям их оформления и проведения осуществлялась методической комиссией по приёмке полевых опытов при факультете агротехнологий, земельных ресурсов и пищевых производств ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ.

Апробация работы. Научные исследования, результаты которых освещены в материалах диссертационной работы, были представлены на Международных и Всероссийских науч-но-практических конференциях (Ульяновск, 2014-2016, 2018-2021; Саратов, 2013, 2022; Ярославль, 2016; Благовещенск, 2017; Краснодар, 2017; 2018; Омск, 2018; Самара, 2018; Пенза, 2019; Харьков, 2019; Ижевск, 2019; Великие Луки, 2019; Барнаул, 2020; Казань, 2020; 2021; Мичуринск, 2021; Уфа, 2021).

Отчёты по проведенным исследованиям заслушивались ежегодно (2011-2021 гг.) на заседаниях кафедры земледелия, растениеводства и селекции ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Полученные результаты также освещались на полевых семинарах, курсах повышения квалификации специалистов АПК Ульяновской области (2011-2021 гг.).

Конкурсный проект «Сорта озимой мягкой пшеницы селекции Ульяновского ГАУ» отмечен серебряной медалью 24-й Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень-2022».

Публикации результатов исследований. Материалы диссертации опубликованы в 70 научных работах, в том числе 13 – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 1 – в издании, включённом в международную базу данных научного цитирования Scopus, в монографии. Получено 2 автор-

ских свидетельства и 2 патента на созданные селекционные достижения.

Личный вклад диссертанта. Представленная работа является аналитическим обобщением экспериментальных данных, полученных за период с 2011 по 2021 гг., когда диссертант являлся руководителем и исполнителем научных исследований по селекции озимой мягкой пшеницы в ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Он принимал личное творческое участие, в том числе в создании сортов озимой мягкой пшеницы на всех этапах селекционного процесса. Автором осуществлялись: постановка задач, разработка программы исследований, проведение полевых опытов, учётов и наблюдений, анализ полученных результатов исследований и литературных источников, подготовка научных отчётов, формулирование основных положений и выводов работы.

Автор выражает искреннюю признательность за сопровождение в проведении исследований доценту кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии Н.Г. Захарову, являющемуся соавтором многих научных публикаций, выведенных сортов и селекционных линий озимой мягкой пшеницы. Благодарность за предоставленные консультации по обсуждаемым в данной работе вопросам автор выражает научному консультанту – доктору сельскохозяйственных наук, профессору В.А. Исайчеву.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, рекомендаций для селекционной работы и производству. Список литературы включает 560 наименования, в том числе 129 на иностранных языках. Материал диссертации изложен на 335 страницах компьютерного текста, включает 71 таблицу, 64 рисунка и 23 приложения.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Пшеница мягкая в мировом земледелии

Пшеница в процессе естественной эволюции и селекционного улучшения получила огромное разнообразие в своём видовом и сортовом составе. Среди ученых по настоящее время пока ещё нет единого мнения в отношении видового состава рода *Triticum* [Morrison L.A., 2001; Goncharov N.P., 2011]. О.П. Митрофанова (2005) сообщает, что согласно классификации, разработанной в Федеральном исследовательском центре (ФИЦ) Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), он включает в себя 4 диких (*T. urartu* Thum. ex Gandil., *T. boeoticum* Boiss., *T. dicoccoides* Schweinf., *T. araraticum* Jakubz.) и 22 культурных вида пшениц (*T. monococcum* L., *T. dicoccum* Schuebl., *T. caramyschevii* Nevski, *T. ispahanicum* Heslot, *T. timopheevii* Zhuk., *T. macha* Dekapr. et Menabde, *T. spelta* L., *T. vavilovii* Jakubz., *T. zhukovskyi* Menabde et Ericzjan, *T. sinskajae* A. Filat. et Kurk., *T. durum* Desf., *T. turgidum* L., *T. polonicum* L., *T. jakubzineri* Udacz. et Schachm., *T. turanicum* Jakubz., *T. aethiopicum* Jakubz., *T. persicum* Vav., *T. militinae* Zhuk. et Migusch., *T. aestivum* L., *T. compactum* Host, *T. sphaerococcum* Perciv., *T. petropavlovskyi* Udacz. et Migusch.). Автор считает, что «...генетическое разнообразие диких форм и местных сортов сформировалось благодаря мутационной изменчивости, действию естественного отбора и случайного дрейфа генов, в том числе обусловленного исторической миграцией человека. Разнообразие селекционных сортов и линий, появившееся в ходе научной селекции, является результатом преимущественно перекомбинаций аллелей генов, целых хромосом и интрогрессий в пшеницу чужеродного генетического материала. В различных экологических нишах под давлением тех или иных стрессовых факторов внешней среды сформировались внутривидовые специфичные экологические группы пшениц».

Количество сохраняемых образцов пшеницы составляет более 850 тыс., которые находятся в 229 коллекциях генбанков разных стран мира [Митрофанова О.П., 2012]. О важности исходного материала для селекции пшеницы отмечал Н.И. Вавилов (1935), который считал, что «...для коренного её улучшения огромное и решающее значение имеет планомерное использование мирового разнообразия, наличие широкой генетической базы, содержащей изменчивость целых видов, прежде всего по физиологическим и агрономическим признакам».

Родиной диких и культурных видов пшениц традиционно считают Переднюю Азию [Вавилов Н.И., 1935; Гончаров Н.П., 2008; 2013]. Возможность введения в культуру пшениц была реализована в крайне ограниченном числе мест, большинство из которых относятся к территории так называемого «Плодородного полумесяца» [Harlan J.R., 1992; Nesbitt M., 2002; Zohary D., 2012], расположенного на пространстве от Малой Азии до ирано-иракского пограничья и от Палестины до Турецкого Закавказья [Гончаров Н.П., 2013].

Среди всех представителей рода *Triticum* вид пшеница мягкая (*T. aestivum* L.) характеризуется наибольшей экологической пластичностью и распространением. В настоящее время её выращивают на всех континентах, кроме Антарктиды. Пшеница мягкая является одной из основных продовольственных культур примерно для одной трети населения Земли [Гончаров Н.П., 2008; Жилыева Н.С., 2020]. В мировом производстве зерна доля пшеницы составляет 85-90 %. Согласно А.И. Купцову (1975), «...ежедневно в отдельных уголках нашей планеты убирается её урожай».

Вторым по значимости и распространённости видом пшениц в мировом земледелии является пшеница твердая (*Triticum durum* Desf.). О.А. Ляпунова и А.С. Андреева (2020), а также С.В. Гончаров (2018^B), указывают, что в 2017, 2018 гг. площадь посева твёрдой пшеницы в мире составляла 12-15 млн га (около 7-8 % общемировой площади пшеницы) с валовым сбором в 37-40 млн тонн зерна в год (около 5 % от общемирового производства зерна пшеницы) при средней урожайности 3,8 т/га.

Твёрдую пшеницу выращивают в различных регионах мира, но основное её

производство сосредоточено в странах Средиземноморского бассейна и Северной Америки [Xynias I. N., 2020; Юсов В.С., 2021; Ceglár A., 2021].

Анализ официальных справочных данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>] и корреляционно-регрессионный анализ показали, что в мировом масштабе изменение посевной площади пшеницы за последние шестьдесят лет описывается уравнением регрессии $y = -0,122x + 221,42$ (рисунок 1).

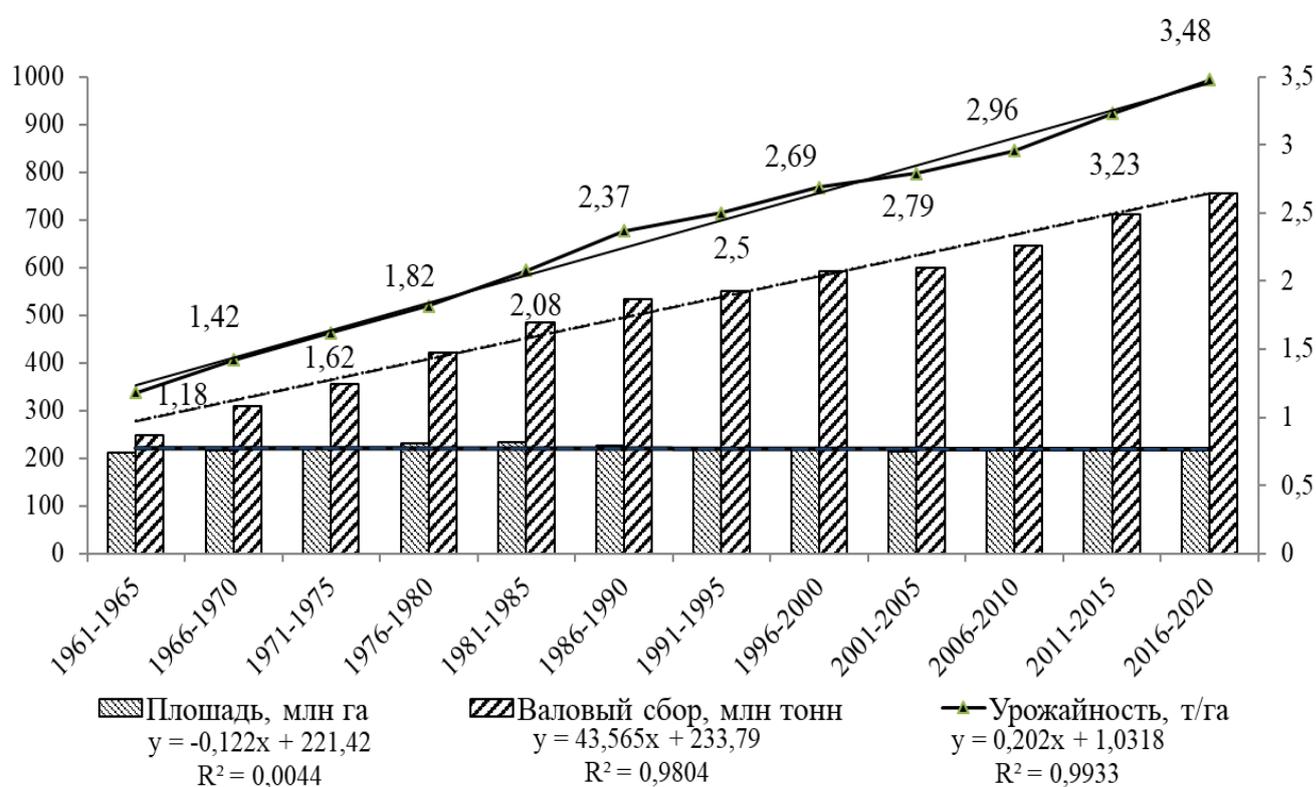


Рисунок 1 – Площадь (млн га), валовый сбор (млн т) и урожайность (т/га) пшеницы в мире, 1961-2020 гг. (по данным FAO)

Это означает, что посевная площадь пшеницы в мире уменьшается на 122 тыс. га в каждое пятилетие (при $R^2 = 0,0044$ это изменение статистически не подтверждено). В 1981 г. отмечена наибольшая площадь возделывания пшеницы за исследуемый период – 239,2 млн га, в 1961 г. наименьшая – 204,2 млн га. В 2020

г. площадь посева пшеницы составила 219,0 млн га, что почти соответствует её среднему значению за прошедшее пятилетие (2016-2020 гг.) – 217,2 млн га.

При общемировой тенденции незначительного снижения посевной площади пшеницы отмечается её устойчивое и достоверное увеличение на 3,876 млн га в пятилетие в Азии – $R^2 = 0,8977$, а в Европе, наоборот, уменьшение, почти на такую же величину – 4,003 млн га – $R^2 = 0,8284$ (рисунок 2).

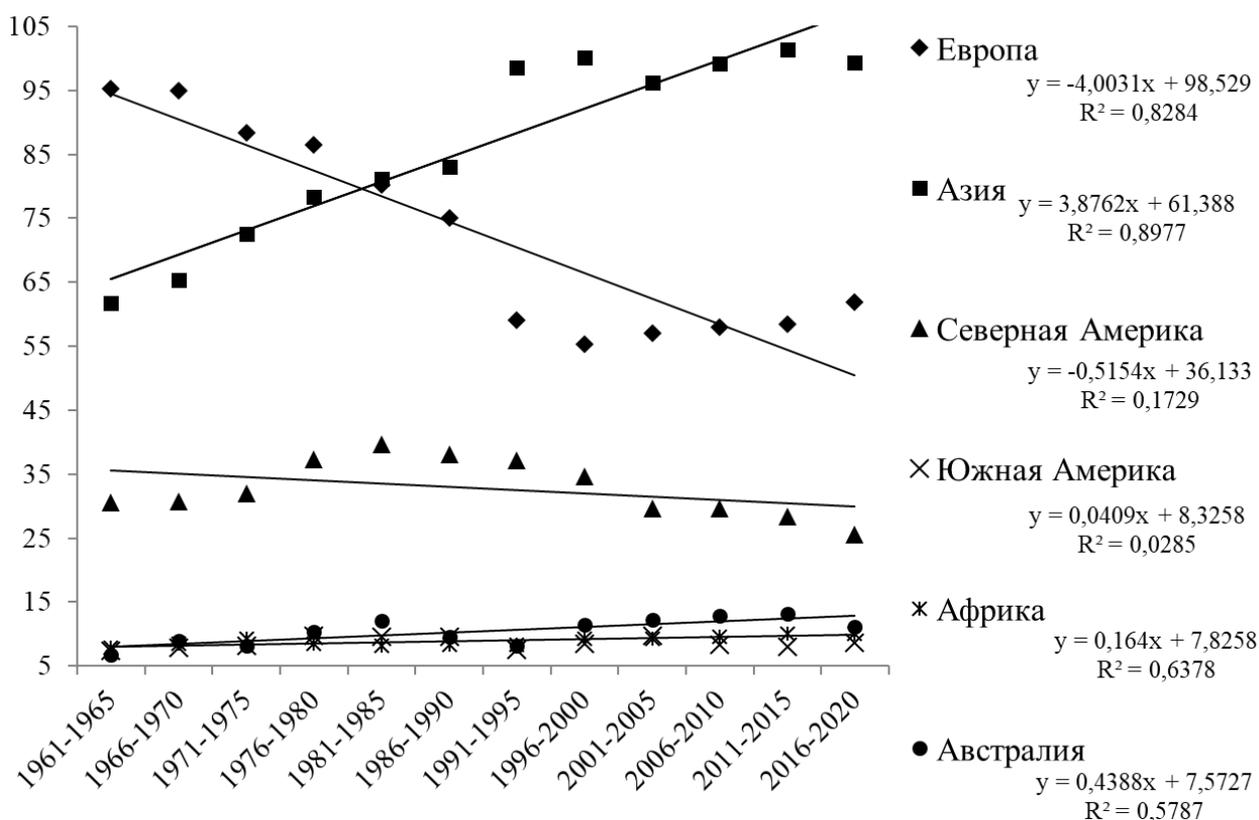


Рисунок 2 – Линейные тренды изменения посевных площадей пшеницы по частям света, млн га, 1961-2020 гг. (по данным FAO)

Линейные тренды также показывают увеличение посевных площадей пшеницы в Австралии, Африке и в Южной Америке – на 0,439, 0,164 и 0,041 млн га соответственно каждое пятилетие. Отмечается тенденция уменьшения посевной площади пшеницы в Северной Америке – на 0,515 млн га каждый пятилетний отрезок времени.

По среднестатистическим данным FAO за 2016-2020 гг. можно констатировать, что около половины посевной площади пшеницы (45,0 %) сосредоточено в Азии (рисунок 3).

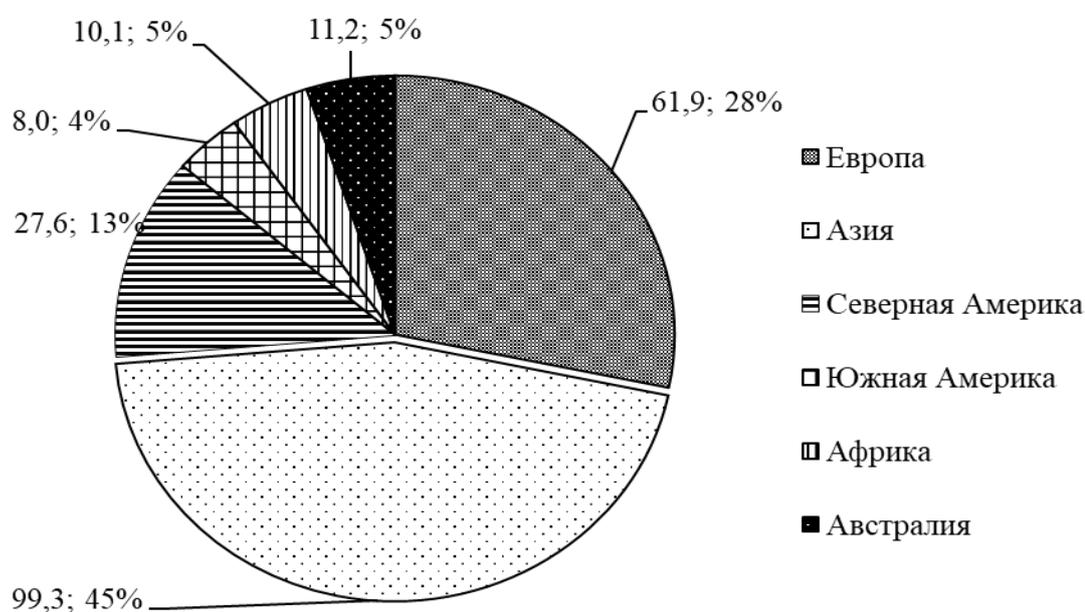


Рисунок 3 – Посевные площади пшеницы в мире в разрезе частей света, среднее за 2016-2020 гг., млн га; % (по данным FAO)

Чуть более четверти (28,0 %) общемировой площади посева пшеницы приходится на Европу, 13,0 % – на Северную Америку и в сумме 14,0 % – на Африку, Австралию и Южную Америку. В четырнадцати странах мира сосредоточено около 80,0 % общемировой площади пшеницы (217,175 млн га). Наибольшая площадь посева пшеницы в Индии – 29,998 млн га (таблица 1). В этой стране пшеница является второй по важности зерновой культурой после риса. В тройку лидирующих стран по посевной площади пшеницы входят также Россия (27,215 млн га) и Китай (24,302 млн га).

В отличие от посевной площади, в мировом масштабе отмечается устойчивая тенденция роста урожайности пшеницы и валовых сборов зерна за период 1961-2020 гг. Урожайность и валовые сборы зерна пшеницы за исследуемый период выросли почти в 3 раза (см. рисунок 1).

Таблица 1 – Страны с наибольшей площадью посева пшеницы, среднее за 2016-2020 гг. (по данным FAO)

Страна	Площадь посева, млн га	Страна	Площадь посева, млн га
Индия	29,998	Пакистан	8,918
Россия	27,215	Турция	7,348
Китай	24,302	Иран	6,838
США	16,006	Украина	6,507
Австралия	11,199	Франция	5,376
Казахстан	11,762	Аргентина	5,348
Канада	9,458	Германия	3,139
Мир	217,175		

Так, если средняя урожайность пшеницы за пятилетие 1961-1965 гг. составляла 1,18 т/га, то в 2016-2020 гг. – 3,48 т/га. Прирост за каждое пятилетие составляет 0,202 т/га (уравнение регрессии $y = 0,202x + 1,0318$).

Валовые сборы зерна выросли с 247,7 млн т в 1961-1965 гг. до 755,0 млн т в 2016-2020 гг. (прирост за пятилетие 43,565 млн т, уравнение регрессии $y = 43,565x + 233,79$). Увеличение урожайности и валовых сборов зерна пшеницы является результатом повышения общей культуры земледелия в мире. Так, устойчивый рост урожайности пшеницы отмечается во всех частях света (рисунок 4).

Наибольшая урожайность зерна пшеницы в последнее анализируемое пятилетие (2016-2020 гг.) достигнута в Европе – 4,16 т/га при среднемировом её уровне – 3,48 т/га. Здесь же отмечается наибольший прирост урожайности пшеницы – 0,2657 т/га в каждую пятилетку (уравнение регрессии $y = 0,2657x + 1,1015$). Высокой урожайности пшеницы в европейских странах сопутствует не только агротехнический фактор, но и благоприятные природно-климатические характеристики [Brisson N., 2010; Симоненко Е.И., 2016].

Наименьшая урожайность зерна пшеницы в Австралии (2,08 т/га) с часто повторяющимися засухами. Увеличение урожайности составляет 0,0751 т/га каждые 5 лет (уравнение регрессии $y = 0,0751x + 1,0802$).

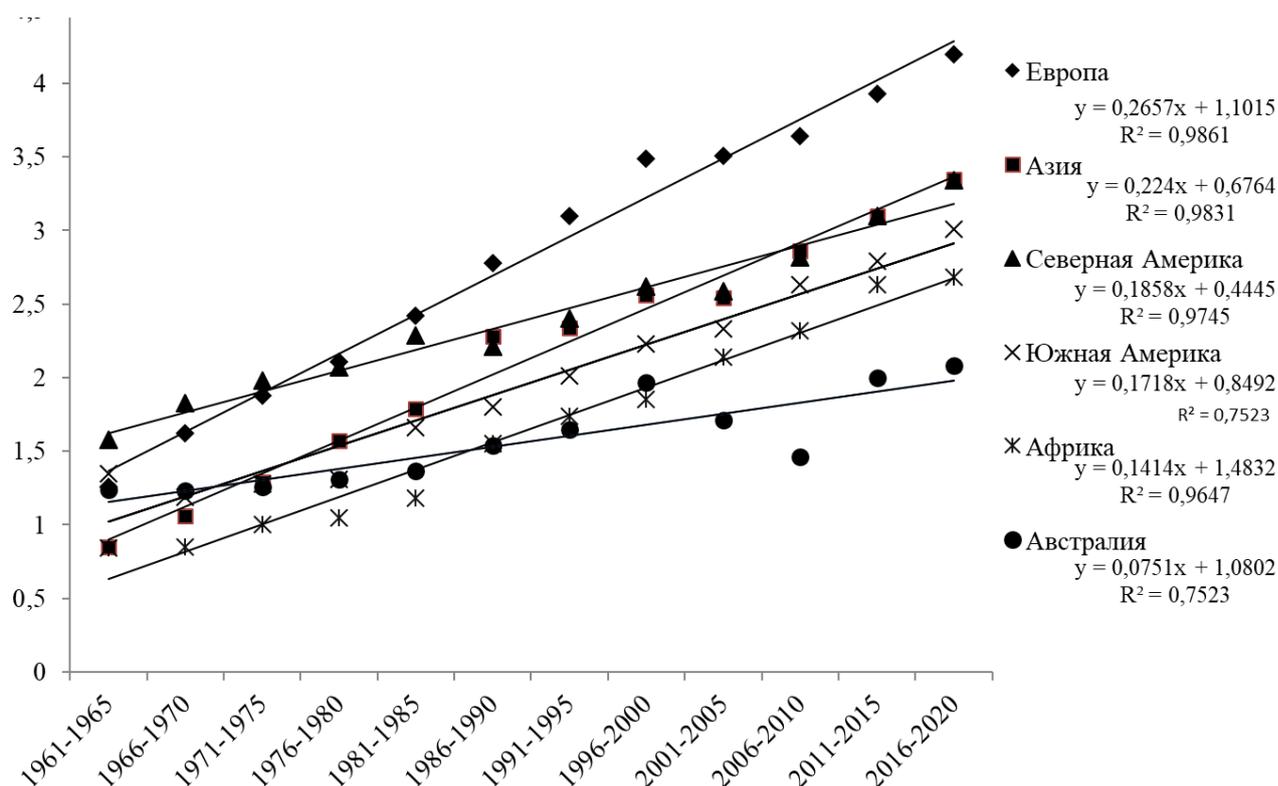


Рисунок 4 – Урожайность пшеницы (т/га) в различных частях света, 1961-2020 гг. (по данным FAO)

Положительная динамика урожайности пшеницы на этом континенте обеспечивается главным образом подбором засухоустойчивых сортов [Vandeleur R.K., 2004; Шавруков Ю.Н., 2005].

В Азии и Северной Америке средняя урожайность пшеницы за 2016-2010 гг. почти достигла среднемирового её уровня (3,48 т/га) – 3,35 и 3,34 т/га соответственно. В Южной Америке она составляет 3,01 т/га, в Африке – 2,68 т/га.

Лидирующие позиции в мире по урожайности пшеницы занимают преимущественно западноевропейские страны (таблица 2) с достаточными для культуры условиями увлажнения – Ирландия (9,37 т/га), Бельгия (8,67 т/га), Нидерланды (8,77 т/га), Великобритания (8,21 т/га), Германия (7,33 т/га), Дания (7,43 т/га), Франция (6,64 т/га), Швеция (6,27 т/га), Люксембург (5,76 т/га). В африканских странах Замбии, Намибии, Египте высокие урожаи пшеницы (5,29-6,46 т/га) стали возможны во многом благодаря оросительным мероприятиям [Liangzhi Y., 2010; Machado D.M., 2014].

Таблица 2 – Страны мира с наибольшей урожайностью, среднее за 2016-2020 гг.
(по данным FAO)

Страна	Урожайность, т/га	Страна	Урожайность, т/га
Ирландия	9,37	Франция	6,64
Новая Зеландия	9,21	Египет	6,46
Нидерланды	8,77	Замбия	6,27
Бельгия	8,67	Швеция	6,27
Великобритания	8,21	Чили	5,81
Дания	7,43	Люксембург	5,76
Германия	7,33	Намибия	5,29
Мир	3,48		

Высокого уровня урожайность пшеницы характерна для Новой Зеландии – 9,21 т/га (в среднем за 2016-2020 гг.). В период вегетации пшеницы здесь дважды проводится орошение, хотя и являющееся для страны высокочрезвычайно затратным мероприятием [Millner J.P., 2013; Doornkamp T., 2015]. Сравнительно высокая урожайность зерна пшеницы за анализируемый период сформирована в Чили – 5,81 т/га. Вода здесь также является основным ограничивающим фактором для дальнейшего роста урожая пшеницы. Около 60,0 % посевов этой культуры сосредоточено в средиземноморских засушливых районах центральной части страны [Brunel N., 2013].

Валовые сборы зерна пшеницы зависят от площади её посева и урожайности. Почти 80 % производимого зерна пшеницы в мире приходится на Европу и на Азию (рисунок 5), в которых, как было указано выше, сосредоточены максимальные площади посева культуры (см. рисунок 3) и которые занимают лидирующее положение по урожайности культуры среди других частей света.

Корреляционно-регрессионным анализом установлены положительные тренды валовых сборов зерна пшеницы во всех частях света (рисунок 6). Наиболее быстро растут валовые сборы зерна пшеницы в Азии – на 26,558 млн т за каждые 5 лет (уравнение регрессии $y = 26,558x + 24,283$). В Европе прирост производства зерна пшеницы составляет 9,0661 млн т за аналогичный период (уравнение регрессии $y = 9,0661x + 131,05$).

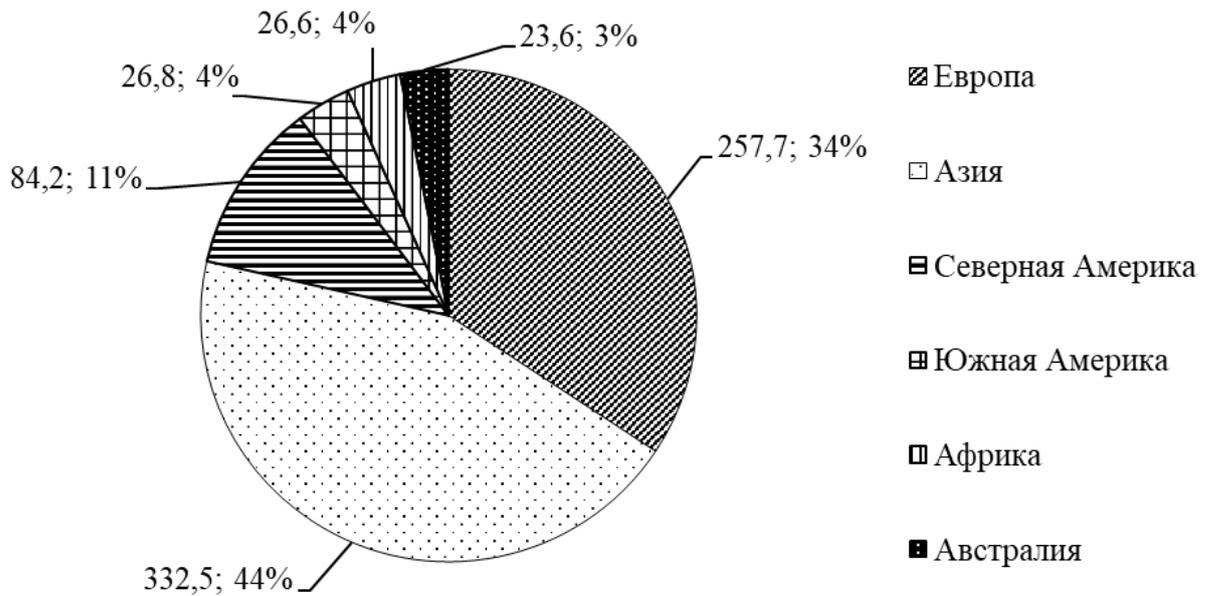


Рисунок 5 – Производство зерна пшеницы в мире в разрезе частей света, среднее за 2016-2020 гг., млн. т; % (по данным FAO)

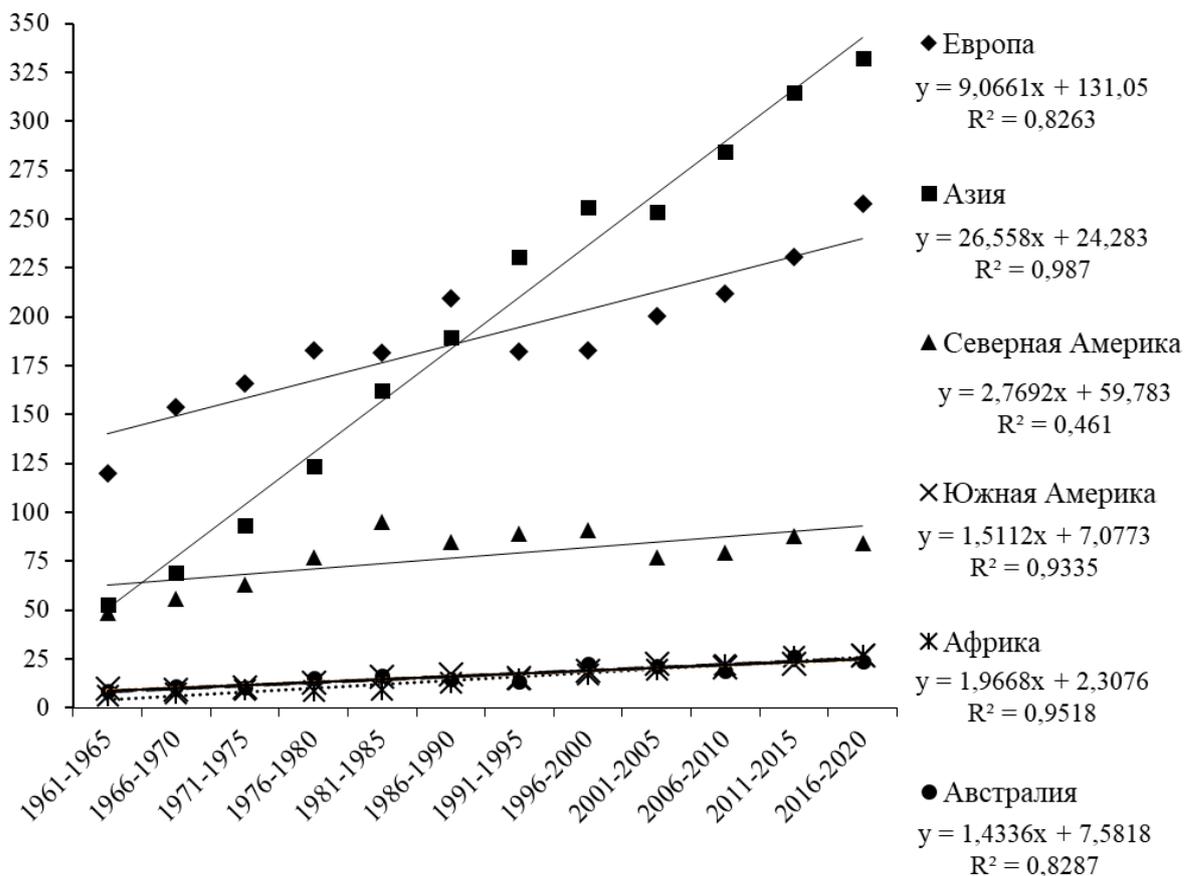


Рисунок 6 – Линейные тренды изменения валовых сборов зерна пшеницы (млн т) в мире, 1961-2020 гг. (по данным FAO)

Среди стран мира лидером по производству зерна пшеницы является Китай – в среднем за 2016-2020 гг. 133,2 млн т (таблица 3), что составляет более 1/6 части всего производимого зерна в мире (755,0 млн т). Вторую и третью позиции занимают Индия и Россия – 98,6 и 76,5 млн т соответственно.

Таблица 3 – Страны с наибольшим валовым сбором зерна пшеницы, среднее за 2016-2020 гг. (по данным FAO)

Страна	Валовый сбор, млн т	Страна	Валовый сбор, млн т
Китай	133,2	Пакистан	25,4
Индия	98,6	Украина	26,4
Россия	76,5	Германия	22,6
США	53,4	Турция	20,3
Франция	35,6	Аргентина	16,9
Канада	31,6	Великобритания	15,3
Австралия	23,2	Казахстан	13,8
Мир	755,0		

Проведённый анализ показал, что значительные валовые сборы пшеничного зерна, как правило, характерны для стран, в которых культура занимает большую площадь посева (см. таблицу 1).

По отчетным данным FAO, ежегодный объём экспорта зерна пшеницы в мире находится на уровне 170 млн т [Bedford D., 2019], что составляет примерно 1/5 части его мирового производства. Многие крупные производители пшеничного зерна экспортируют часть своей продукции (рисунок 7). По данным Федеральной таможенной службы (ФТС), в их число в 2016-2020 гг. вошли страны: Россия, США, Канада, Франция, Украина, Австралия, Аргентина [URL: <https://customs.gov.ru/folder/502>]. Крупными импортёрами пшеничного зерна являются Египет (12,0 млн т), Индонезия (10,4 млн т), Алжир (7,9 млн т), Бразилия (7,2 млн т), Бангладеш (5,9 млн т).

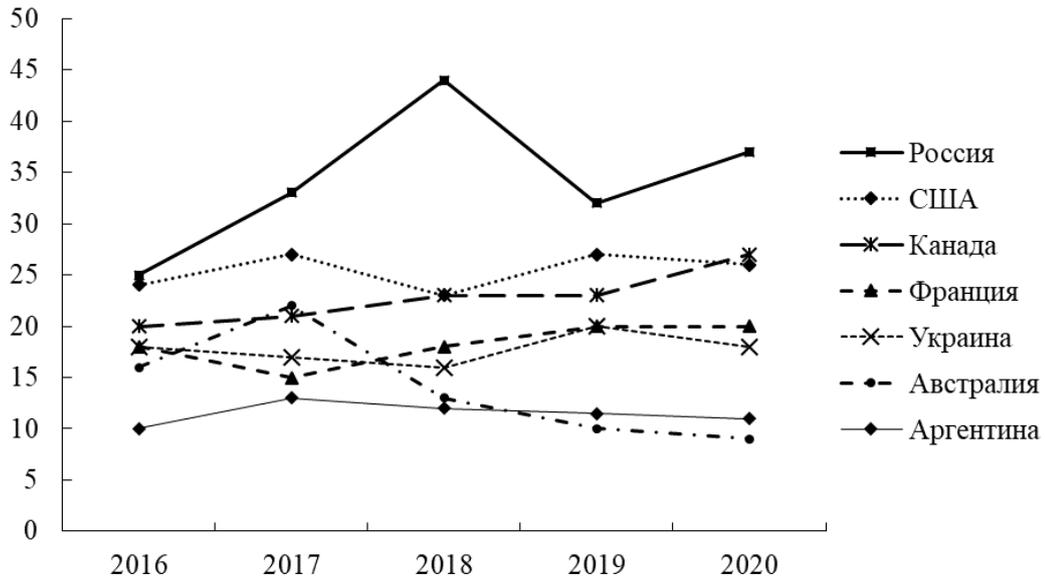


Рисунок 7 – Крупнейшие экспортёры зерна пшеницы (млн т), 2016-2020 гг.

D. Workman (2020) сообщает, что 2016 по 2020 гг. мировая торговля пшеницей выросла на 22,8 %, что указывает на её динамичное развитие.

Таким образом, пшеницу выращивают во многих странах мира. Значительное генетическое разнообразие пшеницы, представленное в генбанках растений разных стран (более 850 тыс. образцов), свидетельствует о её широких приспособительных возможностях. В мировом масштабе при незначительном снижении посевных площадей пшеницы (на 122 тыс. га каждое пятилетие) отмечается устойчивый рост её урожайности (на 0,202 т/га каждые 5 лет) и увеличение валового производства (на 43,565 млн т. каждые 5 лет). Можно полагать, что это является результатом повышения общей культуры земледелия при возделывании пшеницы, включая селекционное её улучшение.

1.2 Производство и использование пшеницы мягкой в России

В России, как и в целом в мире, возделывают преимущественно пшеницу мягкую (*T. aestivum L.*), в меньшей степени – пшеницу твердую (*T. durum Desf.*). Включены в Госреестр, также сорта и других видов пшениц – полбы (*T. dicocum*

Schuebl), спельты (*T. spelta* L.), тургидной (*T. turgidum* L.), шарозерной (*T. sphaerococcum* Perciv.) [Государственный реестр..., 2021].

Посевная площадь пшеницы в России в среднем за 2016-2020 гг., согласно статистическим данным FAO, составила 27,2 млн га (см. таблицу 1). В мировом масштабе это вторая позиция после Индии. В структуре посевных площадей России пшеница занимает первое место. На её долю приходится более трети всей посевной площади в стране [Шнипова А.А., 2021].

Корреляционно-регрессионный анализ посевных площадей пшеницы в России за период с 1992 г. по 2020 г. указывает, что их изменение характеризуется уравнением регрессии вида $y = 0,1833x + 21,167$ (рисунок 8).

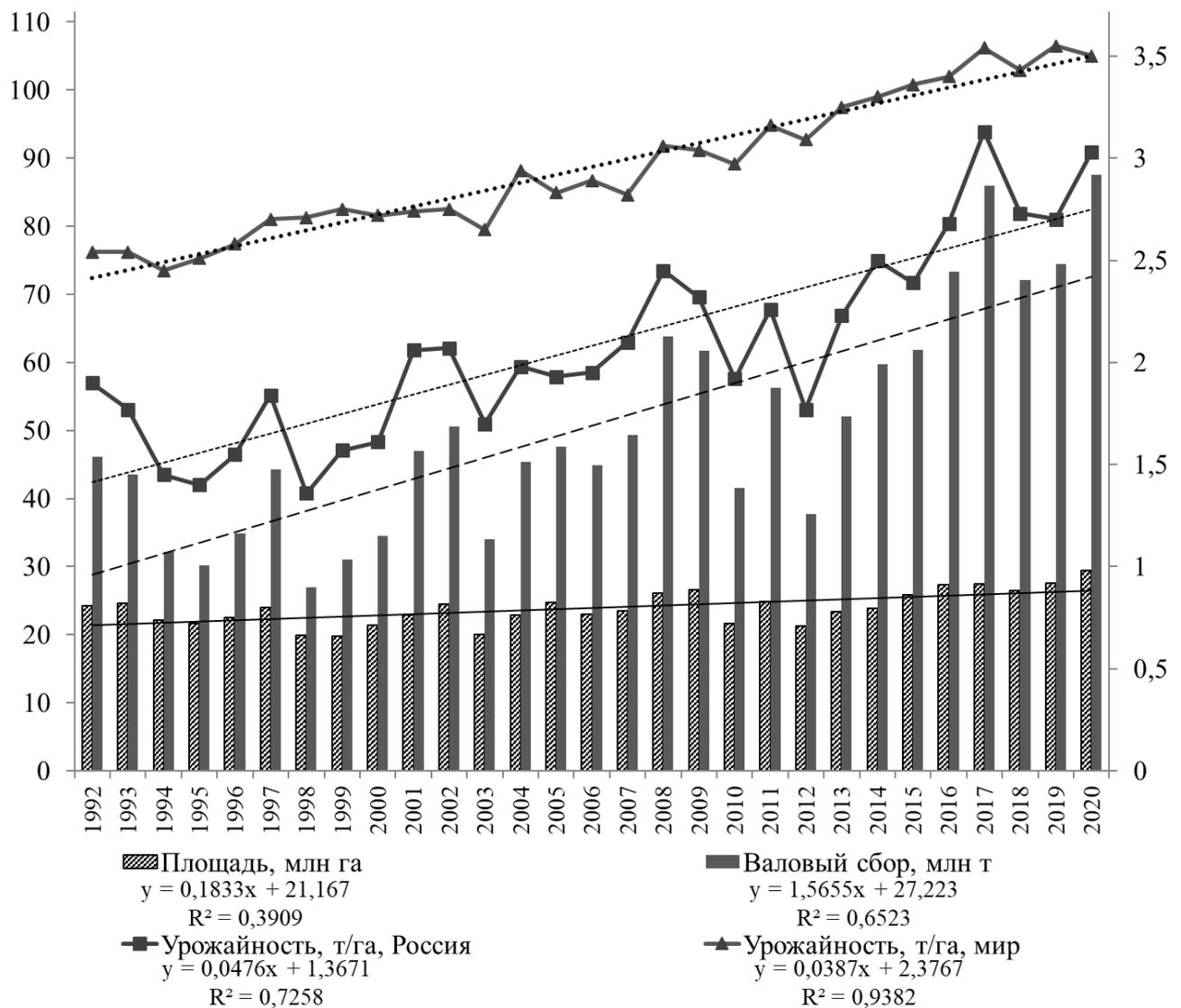


Рисунок 8 – Производство пшеницы в России, 1992-2020 гг. (по данным FAO)

Это означает, что в целом по стране имеется незначительная тенденция увеличения посевных площадей на 183,3 тыс. га в год.

За постсоветский период в России также наблюдается тенденция увеличения урожайности пшеницы. Минимальное её значение зафиксировано в 1998 г. – 1,36 т/га, а максимальное в 2017 г. – 3,17 т/га. Средняя урожайность пшеницы в России за последнее анализируемое пятилетие (2016-2020 гг.) составляет 2,85 т/га, что меньше на 0,63 т/га среднемирового уровня (3,48 т/га). Более низкую урожайность пшеницы в нашей стране в сравнении со среднемировым её значением можно объяснить, прежде всего, обширной её территорией, значительным разнообразием её почвенных и климатических условий.

Среднегодовой прирост урожайности пшеницы в России составляет 0,0476 т/га (уравнение регрессии $y=0,0476x+1,3671$), что почти соответствует приросту урожайности в мире – 0,0387 т/га (уравнение регрессии $y=0,0387x+2,3767$).

Статистические данные ФАО свидетельствуют также о росте валовых сборов зерна пшеницы в России. За период с 1992 г. по 2020 г. минимальное значение валового сбора зерна пшеницы отмечено в 1995 г. – 30,118 млн т, максимальное в 2017 г. – 86,002 млн т. Изменение валового сбора пшеничного зерна в стране описывается уравнением регрессии вида $y=1,5655x+27,223$, что означает ежегодный его прирост в 1,5655 млн т.

Валовый сбор зерна пшеницы в России в среднем за 2016-2020 гг. составил 76,5 млн т. Это третье место в мире по анализируемому показателю после Китая и Индии (см. таблицу 3). Валовый сбор пшеничного зерна в России составляет преимущественно пшеница мягкая. С.В. Гончаров и М.Ю. Курашов (2018^b) отмечают, что в отличие от российской мягкой пшеницы, позиции отечественной твердой пшеницы в мировом балансе весьма незначительны. Суммарное производство зерна твердой пшеницы в России оценивается на уровне 650-700 тыс. т, что составляет менее 2,0 % от общемирового производства этой культуры.

Лидерская позиция страны по валовому сбору зерна пшеницы обусловлена как значительной площадью посева – 27,215 млн га (см. таблицу 1), так и ростом её урожайности. Корреляционный анализ статистических данных ФАО за период с

1992 г. по 2020 г. указывает на очень тесную положительную зависимость валового сбора зерна пшеницы в России от её урожайности (рисунок 9).

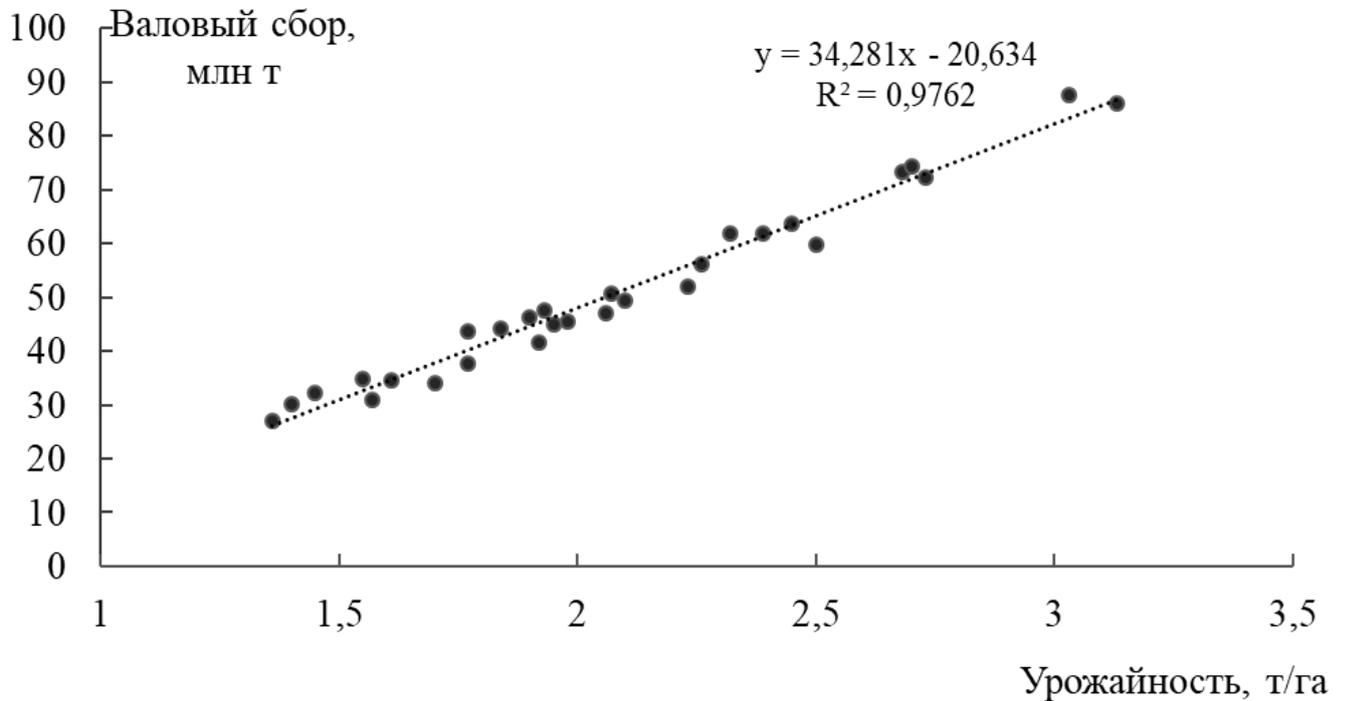


Рисунок 9 – График корреляционной зависимости валового сбора зерна пшеницы от её урожайности в России, 1992-2020 гг. (по данным FAO)

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,9762$ означает, что 97,6 % изменчивости валового сбора зерна пшеницы обусловлено урожайностью. Коэффициент корреляции между исследуемыми показателями составляет $r = 0,98$. В России по валовым сборам зерна пшеницы традиционно лидируют Ростовская область, Ставропольский край, Краснодарский край, Алтайский край и Волгоградская область. Так, по данным экспертно-аналитического центра агробизнеса (АБ-Центр) за 2018 г. [URL: <https://ab-centre.ru>], доля вышеуказанных регионов в общих сборах зерна пшеницы в России (72,068 млн т) составила 13,0, 12,4, 9,9, 4,2 и 4,2 % соответственно. К числу крупных производителей зерна пшеницы относятся также Воронежская, Курская, Омская, Саратовская и Орловская области (2,7-3,8 % от валового производства зерна пшеницы в стране).

Большинство регионов, лидирующих по производству зерна пшеницы, лидируют также и по её посевным площадям. К их числу относятся: Ростовская об-

ласть, Алтайский край, Ставропольский край, Волгоградская область, Краснодарский край, Омская область, Саратовская область, Оренбургская область, Новосибирская область, Челябинская область. Площади посева пшеницы в этих регионах составляют 3,4-9,6 % от общей площади посева в стране (в 2018-2020 гг. – 27,252-29,421 млн га) [Шнипова А.А., 2021; АБ-Центр. URL: <https://ab-centre.ru>].

Значительное разнообразие почвенных и климатических условий в стране является одной из причин существенных различий в урожайности пшеницы, в том числе в регионах-лидерах её производства (рисунок 10). Различия в урожайности обусловлены также и тем обстоятельством, что в одних регионах выращивается преимущественно яровая пшеница, в других – озимая пшеница. Известно, что при условии хорошей перезимовки озимая пшеница почти всегда формирует более высокую урожайность в сравнении с яровой [Асеева Т.А., 2018; Амелин А.В., 2019; Кривобочек В.Г., 2019].

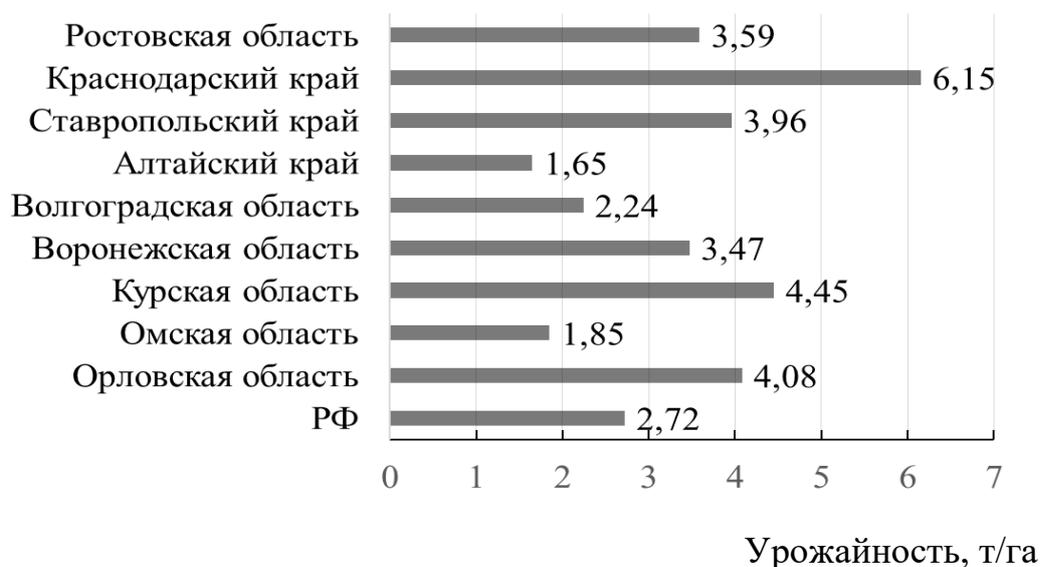


Рисунок 10 – Урожайность пшеницы в регионах России – лидерах по её производству, 2018 г. (по данным АБ-Центра)

По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстата) на 2021 г. [URL.: <https://rosstat.gov.ru>], около 60 % посевов яровой пшеницы в стране (13122,6 тыс. га) были размещены в Алтайском крае, Омской, Новосибирской, Курганской, Оренбургской, Челябинской областях, Республиках Башкортостан и

Татарстан. Около 70 % посевов озимой пшеницы (посевная площадь в 2021 г. 11991,1 тыс. га) сосредоточено в Краснодарском, Ставропольском краях, Ростовской, Волгоградской, Воронежской и Саратовской областях.

Анализ статистических данных АБ-Центра [URL: <https://ab-centre.ru>] показывает, что в настоящее время в России наблюдается динамика увеличения посевных площадей под озимой пшеницей и, наоборот, уменьшения под яровой пшеницей (рисунок 11).

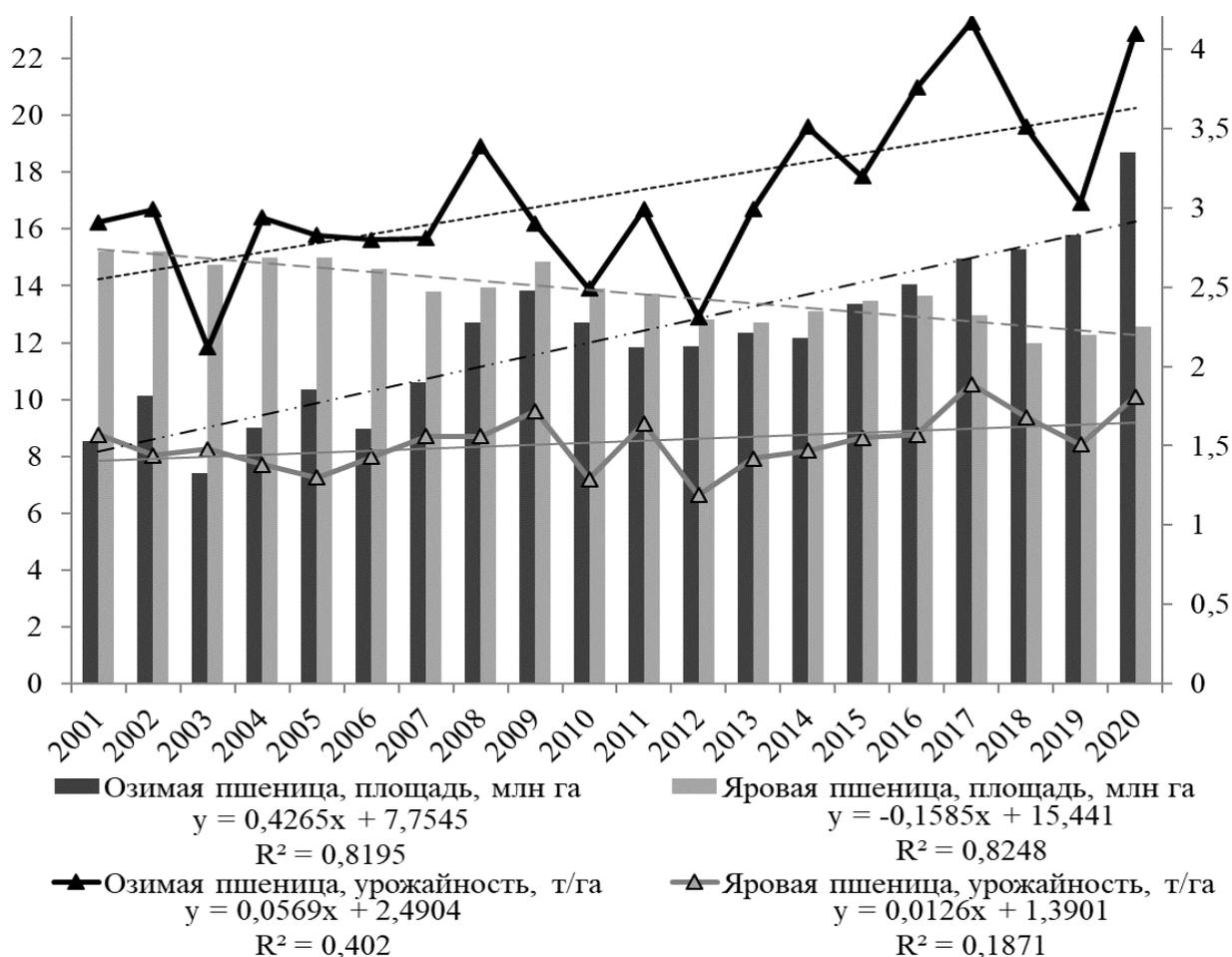


Рисунок 11 – Динамика посевной площади и урожайности озимой и яровой пшеницы в Российской Федерации в 2011-2020 гг. (по данным АБ-Центра)

Если в среднем за 2001-2005 гг. площадь посева озимой пшеницы была меньше яровой (9,1 млн га и 15,0 млн га соответственно), то в среднем за 2016-2020 гг., наоборот – площадь посева озимой пшеницы превысила площадь яровой

(14,7 и 12,9 млн га соответственно). Корреляционно-регрессионным анализом установлено, что площадь озимой пшеницы в стране ежегодно растёт на 426,5 тыс. га (уравнение регрессии $y=0,4265x+7,7545$), а яровой пшеницы, наоборот, уменьшается на 158,5 тыс. га (уравнение регрессии $y= -0,1585x+15,441$).

Рост посевных площадей под озимой пшеницей в стране обусловлен не только успехами в селекции на зимостойкость культуры [Козлов В.Е., 2012; Грабовец А.И., 2014^Б; Фисенко А.В., 2020; Сандухадзе Б.И., 2021], но и с общей тенденцией потепления климата [Акентьева Е.М., 2017; Романенко В.А., 2019].

Урожайность озимой пшеницы в Российской Федерации в среднем за 2001-2020 гг. составила 3,03 т/га (максимальная в 2017 г. – 4,17 т/га, минимальная в 2003 – 2,12 т/га), что в 2 раза больше урожайности яровой пшеницы за этот же период – 1,51 т/га (максимальная в 2017 г. – 1,89 т/га, минимальная в 2012 г. – 1,19 т/га). На графике корреляционно-регрессионной зависимости (см. рисунок 11) можно заметить динамику роста урожайности при выращивании и яровой пшеницы, и озимой. Урожайность озимой пшеницы растёт более быстрыми темпами – на 0,0569 т/га в год (уравнение регрессии $y=0,0569x+2,4904$) в сравнении с яровой пшеницей – на 0,0126 т/га в год (уравнение регрессии $y=0,0126x+1,3901$). Следует отметить, что яровая пшеница характеризуется меньшей вариабельностью урожайности по годам ($V = 10,9 \%$), в сравнении с озимой пшеницей ($V = 16,1 \%$). По-видимому, это связано с тем, что озимая пшеница попадает не только под действие стрессовых факторов внешней среды весенне-летнего периода вегетации, как яровая пшеница, но и осеннего периода вегетации, а также испытывает стрессы, встречающиеся в ходе её перезимовки.

На мировом рынке зерна пшеницы Россия выступала до 1960 г. преимущественно экспортером, с 1960 до 2001 гг. – главным образом, импортером. Гумеров Р.Р. (2017) сообщает, что качественный скачок был отмечен в урожайном 2002 г., когда за рубеж впервые за несколько десятилетий было отправлено более 10,5 млн т зерна пшеницы. В настоящее время на мировом рынке зерна Россия входит в число лидеров по экспорту пшеницы. Количество экспортируемой пшеницы в 2016-2020 гг. (см. рисунок 7) составило 25,3-44,0 млн т (28-60 % от произведенно-

го в стране пшеничного зерна). Около 52 % экспортируемой пшеницы Россия поставляет в Турцию, Египет и Бангладеш [Шнипова А.А., 2021].

Таким образом, пшеница в России занимает значимое место в структуре посевных площадей сельскохозяйственных культур. При относительном постоянстве её общей площади посева (27,215 млн га) имеются тенденции увеличения посевной площади под озимой пшеницей (14,7 млн га, на 426,5 тыс. га в год) и, наоборот, уменьшения под яровой (12,9 млн га, на 158,5 тыс. га в год). Увеличение валового сбора зерна пшеницы (76,5 млн т, на 1,566 млн т в год) связано главным образом с увеличением её урожайности (2,85 т/га, на 0,0476 т/га в год). Отмечается более быстрый рост урожайности озимой пшеницы (3,03 т/га, на 0,0569 т/га в год) в сравнении с яровой (1,51 т/га, на 0,0126 т/га в год). На мировом рынке Россия в 2016-2020 гг. выступала одним из основных экспортеров пшеничного зерна (25,3-44,0 млн т в год).

1.3 Озимая мягкая пшеница в Ульяновской области

Среди культурных видов пшеницы наибольшее распространение в Ульяновской области имеет пшеница мягкая (озимая и яровая), площадь посева которой здесь в среднем за 2016-2020 гг. составляла 374 тыс. га (таблица 4). В структуре посевных площадей области (1026 тыс. га) пшеница мягкая занимает первое место [Абрамова Т.В., 2020; Ульяновскстат. URL: <https://uln.gks.ru/>].

Таблица 4 – Производство пшеницы в Ульяновской области и в Российской Федерации в среднем за 2016-2020 гг. (по данным Ульяновскстат., АБ-Центра, FAO)

Показатели	Российская Федерация	Ульяновская область	%
Валовый сбор, млн т	76,5	1,0036	1,31
Площадь пшеницы, тыс. га	27200	374	1,37
Урожайность пшеницы в целом, т/га	2,85	2,67	93,7
Урожайность яровой пшеницы, т/га	1,69	1,91	113,0
Урожайность озимой пшеницы, т/га	3,71	3,03	81,7

Среднегодовой валовый сбор пшеничного зерна в Ульяновской области составляет 1,0036 млн т, или 1,31 % от валового сбора пшеницы в стране. При этом внутреннее потребление зерна пшеницы в области находится на уровне 800 тыс. т. в год. Остальной объём производимого пшеничного зерна экспортируется.

Урожайность пшеницы в Ульяновской области меньше общероссийского уровня (2,85 т/га) на 0,18 т/га. Вместе с тем, урожайность яровой пшеницы (1,91 т/га) выше средней урожайности культуры по стране на 0,22 т/га, а озимой пшеницы (3,03 т/га) – ниже на 0,68 т/га. Более высокая урожайность озимой пшеницы в целом по РФ, в сравнении с урожайностью культуры в Ульяновской области, обусловлена тем обстоятельством, что основные площади её возделывания сосредоточены в Северо-Кавказском и Центрально-Черноземном регионах страны с более высоким биоклиматическим потенциалом для возделывания культуры, чем в Средневолжском регионе, где частыми являются засухи [Немцев С.Н., 2020; Переведенцев Ю.П., 2020].

В настоящее время озимая пшеница в Ульяновской области по площади посева доминирует над яровой пшеницей – в среднем за 2016-2020 гг. 253,0 тыс. га и 121,3 тыс. га соответственно [Ульяновскстат. URL: <https://uln.gks.ru/>]. Однако ситуация по площади посева культур изменялась. Так, в военное и послевоенное время в пшеничном клине Ульяновской области господствующее положение занимала яровая пшеница. В конце 50-х гг. прошлого века площадь её посева составляла более 400 тыс. га, в то время как площадь посева озимой пшеницы – только 15 тыс. га.

Графики корреляционно-регрессионного анализа (рисунок 12) указывают на то, что наблюдается рост посевной площади озимой пшеницы за каждое пятилетие на 14,7 тыс. га (уравнение регрессии $y=14,729x+9,1354$), а площади яровой пшеницы, наоборот, уменьшение на 28,8 тыс. га за этот же промежуток времени (уравнение регрессии $y=-28,788x+477,74$). Одной из весомых причин тому является тенденция потепления климата в целом, и, в частности, в холодный период года, что обеспечивает озимой пшенице лучшую перезимовку [Шарипова Р.Б., 2020]. Н.В. Тупицын с соавторами (2001) полагают, что озимая мягкая пшеница в

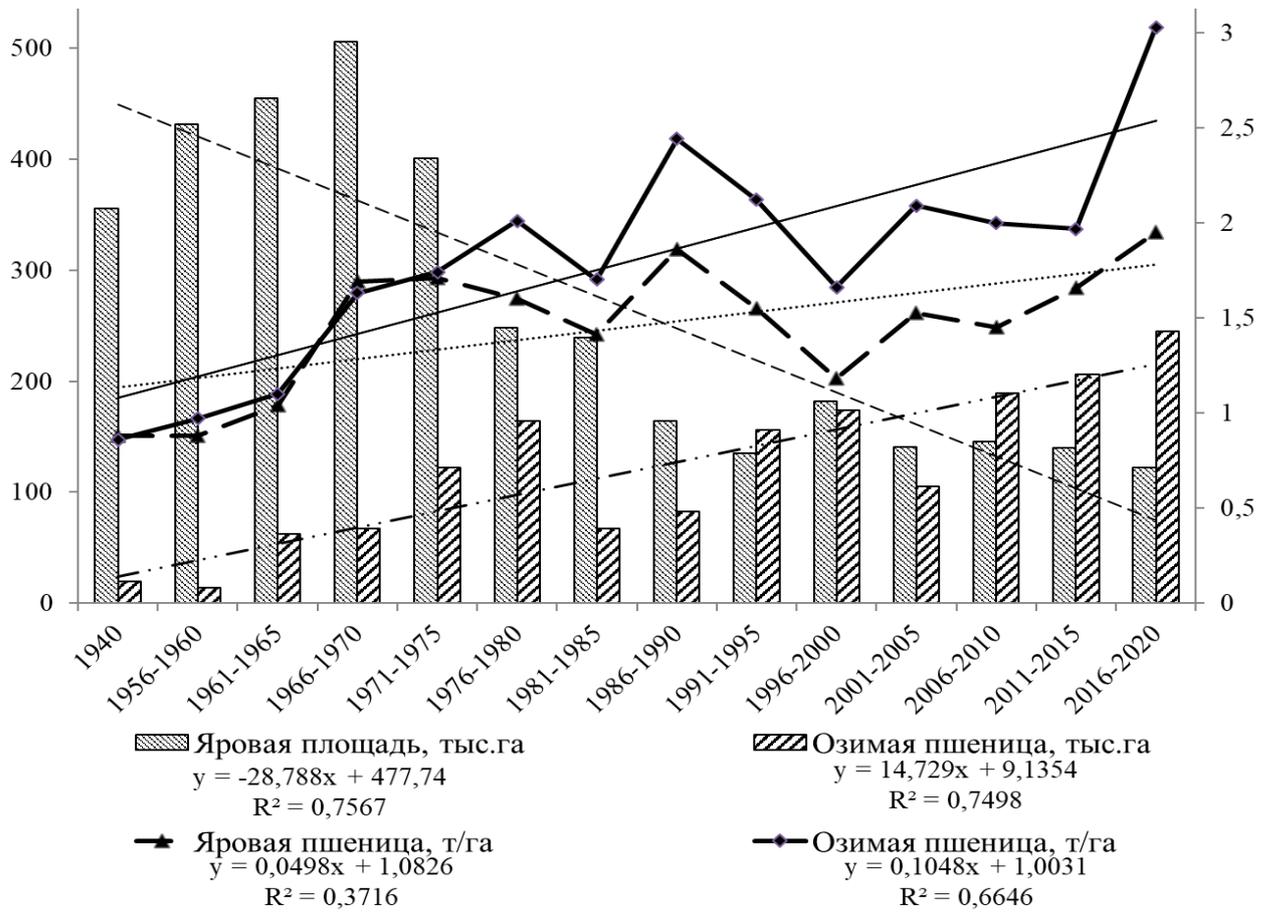


Рисунок 12 – Динамика производства яровой и озимой пшеницы в Ульяновской области, 1940-2020 гг.

Ульяновской области в случае хорошей перезимовки показывает почти всегда выше урожайность, чем яровая мягкая пшеница. Так, за 2000-2020 гг. (20-и летний период) яровая пшеница лишь трижды превосходила озимую пшеницу по урожайности – в 2003 г. (1,67 и 1,58 т/га, соответственно), в 2012 г. (1,44 и 1,20 т/га соответственно) и в 2019 г. (1,92 и 1,98 т/га соответственно). При этом средняя урожайность озимой пшеницы за анализируемый период составила 2,06 т/га, а яровой пшеницы – 1,55 т/га. На графиках корреляционно-регрессионного анализа (см. рисунок 12) можно наблюдать рост урожайности и озимой пшеницы (на 0,11 т/га каждые 5 лет, уравнение регрессии $y=0,1048x+1,0031$), и яровой пшеницы (на 0,05 т/га каждые 5 лет, уравнение регрессии $y=0,0498x+1,0826$). Более низкая урожайность яровой пшеницы в большинстве лет и медленный её рост связаны с часто складывающимися в Среднем Поволжье засушливыми явлениями в весенний и летний период вегетации этой культуры, которые в большей степени сказыв-

ваются на её продуктивности, в сравнении с озимой пшеницей [Тупицын Н.В., 1999; Крупнов В.А., 2013).

Вариационным анализом установлена сильная изменчивость урожайности в Ульяновской области и озимой пшеницы (максимальная 3,48 т/га в 2017 г. и минимальная 0,98 т/га в 2010 г.), и яровой пшеницы (максимальная 2,38 т/га в 2017 г. и минимальная 0,58 т/га в 2010 г.). Это свидетельствует о значительной роли факторов внешней среды в формировании урожайности обеих культур в условиях Среднего Поволжья.

Важную роль в хорошей перезимовке озимых культур пшеницы играет уровень зимостойкости возделываемого сорта. Многие сорта озимой мягкой пшеницы, допущенные в настоящее время в производство по Средневолжскому региону, показывают в условиях Ульяновской области повышенный и высокий уровень зимостойкости [Захарова Н.Н., 2019^А]. А в начале XX века в структуре зерновых культур многих регионов страны, в том числе и в Поволжье, преобладали озимая рожь, овес и яровая пшеница, которым по занимаемой площади уступала озимая пшеница. Причина слабого распространения культуры заключалась главным образом в её недостаточной устойчивости к абиотическим факторам внешней среды, в том числе и низкой её зимостойкости [Потушанский В.А., 2003; Сухоруков, А.Ф., 2003; Эйгес, Н.С., 2016; Дорохов Б.А. 2018].

Повышение зимостойкости было главной задачей научной селекции озимой мягкой пшеницы в Поволжье, у истоков которой стоял саратовский селекционер Г.К. Мейстер [Мейстер Г.К., 1928; Крупнов В.А., 2013; Прянишников А.И., 2013]. Выведенные им сорта Гостианум 237, Лютесценс 329 и Лютесценс 1060/10, начиная с конца 20-х гг. прошлого века, были районированы по всему Советскому Союзу и длительный период (до 60-70-х гг.) имели большое производственное и научное значение, а также послужили основой для развёртывания селекционных работ по озимой мягкой пшенице.

На Новоуренской селекционно-опытной станции (ныне Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (НИИСХ) – филиал федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федераль-

ного исследовательского центра Российской Академии Наук (ФГБУН СамНЦ РАН) был создан и передан в 1931 г. на государственное сортоиспытание высокозимостойкий сорт озимой пшеницы Ульяновка, полученный отбором из сортовой популяции Белоколоска безостая [Рабинович С.В., 1972]. В военные годы Ульяновка была районирована в 27 областях и республиках бывшей РСФСР. В производстве сорт находился более 37 лет [Отдел селекции Ульяновского НИИСХ. URL: <http://www.ulniish.ru>].

Несмотря на определенные успехи в селекции озимой мягкой пшеницы, широкое распространение в Среднем Поволжье культура получила лишь, начиная с 60-70-х гг. прошлого века. В 1963 г. был районирован выдающийся сорт Мироновская 808 (Мироновский институт пшеницы имени В.Н. Ремесло, Украина), получивший распространение как в областях и республиках Поволжья, так и во многих других регионах бывшего СССР, а также в странах Западной Европы [Ремесло В.Н., 1976; Коломиец В.А., 2013]. В Ульяновской области сорт озимой пшеницы Мироновская 808 выращивается с 1967 г. по настоящее время.

В начале 70-х гг. прошлого века также получил районирование по всему Поволжью высокозимостойкий сорт Кинельской селекционной станции Альбидум 114 [Рабинович С.В., 1972; Маслова Г.Я., 2018^b]. С 1985 г. был допущен в производство и возделывался в Ульяновской области другой сорт этого научного учреждения – Кинельская 4 (Альбидум 114 / Мироновская 808).

В последние годы в Ульяновской области по многим сельскохозяйственным культурам, в том числе и по озимой мягкой пшенице, значительно расширился возделываемый сортовой состав (таблица 5). Так, в 2004 г. возделывалось 9 сортов озимой пшеницы, в 2012 г. – 27 сортов, в 2018 г. – 31 сорт [Захарова Н.Н., 2006; Захарова Н.Н., 2010]. В 2004 г. в регионе выращивались главным образом 3 сорта Мироновская 808, Харьковская 92, Базальт (в сумме 92,9 тыс. га, более 80,0 % всей площади культуры). В 2012 г. лидировали сорта Харьковская 92, Мироновская 808, Бирюза, Московская 39 (в сумме 178,8 тыс. га, 77,0 % площади посева озимой пшеницы в Ульяновской области).

Таблица 5 – Сортовой состав озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 2018 г. *

Сорт	Регион выведения	Регион допуска	Площадь в области	
			га	%
Волжская К	Средневожский (7)	2, 3, 4, 5, 7, 9,10	1487	0,6
Волжская С3		3, 4, 10	250	0,1
Казанская 285		4, 7	735	0,3
Надежда		7	25	0,01
Фотинья		7, 9	1771	0,7
Светоч		7	2647	1,0
Безенчукская 380		3, 4, 5, 7, 9	5702	2,1
Бирюза		4, 5, 7	8335	3,1
Поволжская 86		7, 9	5654	2,1
<i>Итого по региону</i>			26606	10
Саратовская 17	Нижневожский (8)	7, 8	9369	3,5
Смуглянка		8	50	0,01
Жемчужина Поволжья		4, 7, 8, 9	3606	1,4
Калач 60		8, 9	344	0,1
Новоершовская		7, 8, 9	7669	2,9
<i>Итого по региону</i>			21038	7,9
Московская 39	Центральный (3)	2, 3, 4, 5, 7, 9, 12	8109	3,1
Московская 40		3, 4, 5	619	0,2
Московская 56		3, 4, 5	8826	3,3
Немчиновская 17		3	44	0,01
Немчиновская 24		3, 4	1	0,01
Немчиновская 57		3	2553	1,0
Скипетр		2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	44009	16,6
<i>Итого по региону</i>			64161	24,2
Базальт	Центрально-Черноземный (5)	5, 7, 8	2873	1,1
Льговская 4		5, 7	226	0,1
<i>Итого по региону</i>			3099	1,2
Гром	Северокавказский (6)	5, 6, 8	1831	0,7
Губернатор Дона		5, 6, 7, 8, 9	921	0,3
Донэко		5, 6, 7, 8, 9	1679	0,6
Ермак		5, 6, 8	80	0,01
Марафон		7, 8	38959	14,7
<i>Итого по региону</i>			43470	16,3
Торрилд	Сорта зарубежной селекции	2	32	0,01
Харьковская 92		7	36868	13,9
Мироновская 808		2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10	7661	2,9
<i>Итого</i>			44561	16,8
Несортовые посеы			62365	23,5
Всего			265300	100

* - площади посева по данным филиала ФГБУ Россельхозцентр по Ульяновской области

В 2018 г. почти 50 % посевной площади озимой пшеницы в регионе (268,0 тыс. га) занимали сорта Скипетр, Марафон и Харьковская 92. В последние годы площадь посева сорта Мироновская 808 сократилась и на 2018 г. составила всего 7661 га (2,9 %).

В регионе на значительной площади выращиваются несортные посевы культуры (62615 га или 23,5 %). Это посевы, по которым утрачены сортовые документы, или посевы, признанные несортными в ходе полевой апробации.

Таким образом, озимая мягкая пшеница в Ульяновской области занимает доминирующее положение в сравнении с яровой мягкой пшеницей по посевной площади (253,0 и 121,3 тыс. га соответственно), урожайности (3,03 и 1,91 т/га соответственно) и валовому сбору зерна (766,6 и 231,7 тыс. т соответственно). Исходя из проведенного анализа, можно заключить, что в регионе имеются потенциальные возможности дальнейшего увеличения урожайности и валового сбора зерна за счет оптимизации возделываемого сортового состава озимой пшеницы.

1.4 Современное состояние и достижения в селекции озимой мягкой пшеницы в России

Селекции растений принадлежит ведущая роль в общем комплексе мероприятий, направленных на дальнейшее увеличение потенциала урожайности озимой мягкой пшеницы, повышение её экологической устойчивости, улучшение качественных показателей [Калиненко И.Г., 1995; Сандухадзе Б.И., 2016; Беспалова Л.А., 2017].

Ведущим научным учреждением по селекции озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне России является федеральное государственное бюджетное научное учреждение (ФГБНУ) "Федеральный исследовательский центр (ФИЦ) "Немчиновка". На современном этапе основная цель проводимой здесь селекции – создание высокоурожайных, зимостойких, короткостебельных сортов озимой мягкой пшеницы, устойчивых к болезням и имеющих высокие хлебопекарные качества [Сандухадзе Б.И., 2016^А]. На основе применённых теоретических и мето-

дических разработок, использования метода прерывающихся беккроссов учеными-селекционерами научного учреждения удалось преодолеть эволюционно сложившуюся обратную связь между продуктивностью и зимостойкостью, продуктивностью и короткостебельностью и создать адаптивные для условий Нечерноземья сорта озимой мягкой пшеницы: Московская низкостебельная, Московская 70, Немчиновская 86, Инна, Памяти Федина, Московская 39, Галина, Немчиновская 24, Московская 56, Немчиновская 57, Московская 40, Немчиновская 17 [Сандухадзе Б.И., 1996; Сандухадзе Б.И., 2016]. Широкой экологической пластичностью характеризуется сорт высококачественной пшеницы Московская 39. На 2020 г. сорт возделывался в 7 регионах государственного сортоиспытания Российской Федерации из 12 (кроме Северного, Северо-Кавказского, Нижневолжского, Западно-Сибирского и Дальневосточного) [Государственный реестр..., 2021].

По данным Федерального государственного бюджетного учреждения (ФГБУ) «Российский сельскохозяйственный центр (Россельхозцентр)», в 2018, 2019 гг. сорта Московская 56, Московская 39 и Московская 40 входили в десятку наиболее высеваемых озимых пшениц страны [Информационный листок Россельхозцентра. URL: <https://rosselhocenter.com>]. Площади посева каждого из этих сортов достигали полмиллиона гектаров и более.

Самым распространенным сортом озимой мягкой пшеницы в России в настоящее время является сорт Скипетр (рисунок 13), включенный в Госреестр с 2009 г. (патентообладатели Полетаев Г.М., Полетаев А.Г., г. Москва) [Государственный реестр..., 2021].

За сравнительно короткий срок сортом получен допуск к использованию в одиннадцати регионах государственного сортоиспытания страны. В 2018, 2019 гг. сорт Скипетр являлся лидером по объёму высеваемых семян в стране и возделывался на площади свыше одного миллиона гектаров.

В ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр (ФАНЦ)» ведется полномасштабная селекция озимой мягкой пшеницы, включающая и создание исходного материала.

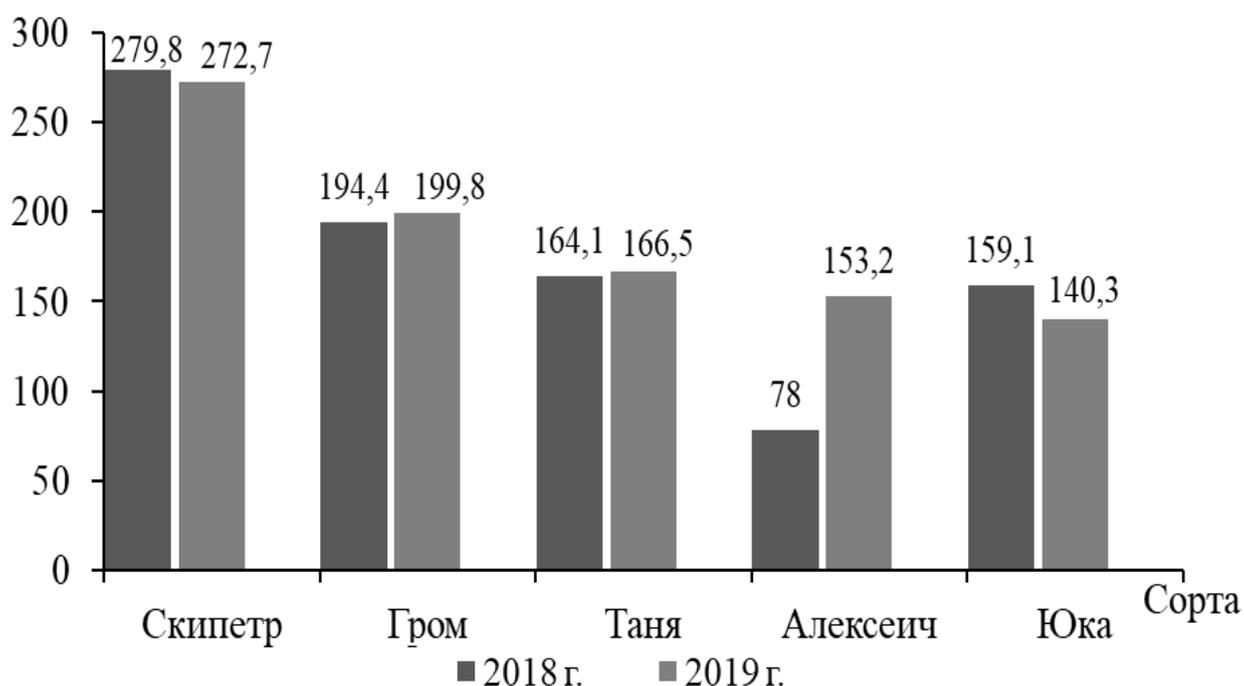


Рисунок 13 – Рейтинг сортов озимой мягкой пшеницы по объему высева семян в России [Информационный листок Россельхозцентра ..., 2020]

С.Е. Скатова (2019) отмечает, что положительная динамика селекционных работ, повлёкшая за собой повышение результативности, получена за счёт увеличения объёма селекционного питомника до 20-26 тысяч номеров в год. Это позволило создать не только конкурентоспособные сорта, но и базу эффективных генотипов». Наиболее плодотворно селекция озимой мягкой пшеницы здесь велась с 1980 по 2002 гг., когда применялся экологический принцип её организации с участием ФИЦ «Немчиновка». За последние 20 лет выведено 10 сортов, восемь из которых включены в Госреестр. Сорта Московская 39, Галина получены в соавторстве с ФИЦ «Немчиновка», сорта Суздальская 2, Тау, Сплав, Лавина, Мера, Поэма, Проза, БИС - самостоятельно. Наибольшее распространение в производстве получил сорт интенсивного типа Поэма со стабильно высокой урожайностью, устойчивостью к засухе и морозам [Скатова С.Е., 2010].

Основное направление селекционных исследований, проводимых на современном этапе в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» согласно Б.А. Дорохову (2018) – создание широкого спектра сортов озимой мягкой пшеницы с

различными агробиологическими характеристиками, дифференцированными в зависимости от их хозяйственного использования для различных почвенно-экологических и технологических условий возделывания. В селекции культуры активно используются методы сложной ступенчатой гибридизации с целью последовательного накопления в геномах сортов заданных хозяйственных признаков [Дорохов Б.А., 2016]. Сорты озимой пшеницы этого учреждения: Чернозёмка 212, Базальт, Круиз, Чернозёмка 88, Крастал, Чернозёмка 115, Чернозёмка 130, Чернозёмка 188, Базальт 2 включены в Госреестр [Государственный реестр..., 2021].

Основным стратегическим направлением селекции озимой пшеницы в Самарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (НИИСХ) им. Н.М. Тулайкова – филиале ФГБУ «Самарский научный центр Российской академии наук (СамНЦ РАН)» является создание системы сортов, способных противостоять абиотическим и биотическим стрессорам и в максимальной степени реализовать природно-экономический потенциал региона [Сухоруков А.Ф., 2018^A].

Проблема зимостойкости сортов озимой пшеницы в Среднем Поволжье, несмотря на определенные успехи селекции, остается актуальной. В научном учреждении она решается путем включения в гибридизацию эффективных доноров, а также отбором трансгрессивных по зимостойкости форм [Сухоруков А.Ф., 2012]. Лимитирующим урожайность озимой пшеницы фактором в Поволжье также является засуха. В результате многолетней селекционной работы были созданы сорта: Безенчукская 790 (высокозимостойкий, засухоустойчивый, защищенный геном устойчивости к бурой ржавчине Lr 24), Безенчукская 616, Бирюза (высококачественные пшеницы для производства сильного и ценного зерна), Светоч, Санта, Ресурс (засухоустойчивые пшеницы, формирующие продовольственное и фуражное зерно). В благоприятных условиях урожайность вышеназванных сортов достигает 4,5...9,5 т/га, в условиях сильной засухи – 1,9...2,0 т/га [Сухоруков А.Ф., 2012]. К числу новых сортов озимой мягкой пшеницы, выведенных в научном учреждении за последнее десятилетие, относятся Новелла, Базис, Вьюга. Сорта Вьюга и Новелла обладают комплексной устойчивостью к бурой ржавчине, муч-

нистой росе, пиренофорозу. По мнению А.Ф. Сухорукова с соавторами (2018^Б), озимая пшеница Вьюга является модельным сортом интенсивного типа, а Базис – моделью сорта полуинтенсивного типа.

В Поволжском НИИ селекции и семеноводства (НИИСС) им. П.Н. Константинова – филиале ФГБУ «СамНЦ РАН» одним из основных направлений в работе с озимой мягкой пшеницей является создание зимостойких, продуктивных сортов с высокими технологическими качествами, стабильно сохраняющих эти показатели в годы с разными погодными условиями [Маслова Г.Я., 2018^Б]. Выведенный в учреждении выдающийся по морозо- и зимостойкости сорт Альбидум 114 (Альбидум 11 / Алабасская) получал районирование в 14 областях и республиках Поволжья, Волго-Вятской зоне страны. На его основе был создан сорт Кинельская 4 (Альбидум 114 / Мироновская 808) с более высокими продукционными возможностями, который с 1985 г. по настоящее время включен в Госреестр [Государственный реестр..., 2021]. Крупным селекционным достижением научного учреждения стало выведение в результате сложных ступенчатых скрещиваний высококачественного с высоким продукционным потенциалом (5,0-7,0 т/га) сорта Поволжская 86 (в реестре с 1999 г.), широко распространенного в Самарской и Оренбургской областях [Глуховцев В.В., 2005; Румянцев А.В., 2013]. Высокими адаптивными свойствами к агроэкологическим условиям Среднего Поволжья характеризуются новые сорта озимой мягкой пшеницы этого учреждения Поволжская нива (в реестре с 2017 г.) и Поволжская новь [Маслова Г.Я., 2018^Б].

В ООО «НПЦ «Селекция» (г. Ульяновск) выведено тринадцать сортов озимой мягкой пшеницы [Тупицын Н.В., 2007; 2013]. Исходным материалом для создания гибридных популяций селективируемой культуры в 1983 г. послужили сорт Кинельская 4 и сортообразцы Селекционно-генетического института (г. Одесса), а в 1989 г. – сорт Харьковская 92 и селекционные образцы конкурсного сортоиспытания. Наибольшие масштабы районирования среди выведенных в научном учреждении пшениц имеет сорт Волжская К (включен в Госреестр с 2004 г.). На 2020 г. сорт Волжская К имел допуск к использованию в 7 регионах государственного сортоиспытания. Важной положительной характеристикой данного сорта является

стабильность в формировании зерна высокого качества в разнообразных условиях среды [Захарова Н.Н., 2016]. По качеству зерна Госсорткомиссией Волжская К отнесена к ценным пшеницам [Государственный реестр..., 2021].

В Пензенском НИИСХ – филиале ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» проводят исследования по селекции озимой мягкой пшеницы, целью которых является создание зимостойких, высокоурожайных, неполегающих сортов озимой пшеницы с высокими технологическими качествами зерна. Основной применяемый здесь метод селекции – внутривидовая парная и ступенчатая гибридизация в сочетании с индивидуальным отбором из гибридных поколений F_2 - F_7 [Косенко С.В., 2019]. В качестве родительских компонентов используются сорта и линии из различных селекционных центров, районированные сорта и линии собственной селекции. За 20 лет селекционной работы (1998-2018 гг.) создано шесть сортов озимой мягкой пшеницы: Фотинья, Клавдия 2, Золушка, Изольда, Нимфа, Аленушка, три первые из которых получили допуск к производственному использованию.

Благодаря созданию в Татарском НИИСХ – обособленном структурном подразделении филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН) «ФИЦ Казанский научный центр (КазНЦ) РАН» и внедрению сортов, адаптированных к условиям республики, площадь возделывания озимой мягкой пшеницы в регионе возросла с 76,1 тыс. га в 1999 г. до 381 тыс. га в 2017 г. [Фадеева И.Д., 2018^A]. Важным в селекции озимой пшеницы здесь также считаются выведение сортов, сочетающих высокую урожайность и качество зерна. Сорт Казанская 560, занимающий основные площади посева озимой пшеницы в Республике Татарстан, допущен в производство с 2002 г., сорт Надежда – с 2010 г., сорт Дарина – с 2017 г., сорт Универсиада – с 2018 г. [Фадеева И.Д., 2018^B].

Одной из характерных черт саратовской школы селекции озимой мягкой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» является эволюция и развитие методологических подходов в работе, к которым можно отнести индивидуальный отбор из местных сортов-популяций, отдаленную гибридизацию с озимой рожью, метод трансформации яровых в озимые, ступенчатую гибридизацию, насыщающие

скрещивания, парную гибридизацию географически отдаленных сортов, использование дигаплоидизации гибридов F_2 , использование соматклонов гибридов F_1 [Прянишников А.И., 2018]. Выведенные здесь высокопродуктивные сорта озимой мягкой пшеницы интенсивного типа Саратовская 90, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Калач 60, Смуглянка, Рубин 96 сочетают повышенную адаптивность с высокой урожайностью и качеством зерна.

Основной целью селекции озимой мягкой пшеницы на Ершовской опытной станции орошаемого земледелия ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» является выведение сортов расширенного агротипа, которые способны адаптироваться к различным климатическим условиям [Полушкин П.В., 2013]. За весь период селекционной работы было выведено и передано в систему государственного сортоиспытания 16 сортов озимой пшеницы, 8 из которых допущены к производственному использованию – Ершовская 5, Ершовская 10, Ершовская 11, Левобережная 1, Левобережная 3, Джангаль, Новоершовская, Аэлита. С.С. Деревягин с соавторами (2020) сообщают, что сорт озимой мягкой пшеницы Новоершовская устойчив к абиотическим стрессорам, имеет хорошие хлебопекарные качества зерна, способен формировать высокую урожайность зерна, как на богаре, так и при орошении. Сорт Аэлита предназначен для продовольственных целей и хлебопечения.

Многолетнее изучение сортообразцов озимой мягкой пшеницы мировой коллекции ФГБНУ «ФИЦ ВИР им. Н.И. Вавилова» в различных научно-исследовательских учреждениях Западной и Восточной Сибири показывало отсутствие сортов, пригодных для стабильного возделывания в жёстких почвенно-климатических условиях Сибирского региона страны [Рутц Р.И., 2005; Артемова Г.В., 2016]. Для получения зимостойких озимых пшениц, в том числе сорта Альбидум 12, в ФГБУН «ФИЦ институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН)» был предпринят метод радиационного мутагенеза. В ФГБНУ «Омский аграрный научный центр (АНЦ)» методом химического мутагенеза выведены сорта Омская озимая, Сибирская Нива, Омская 4, Прииртышская [Кашуба Ю.Н., 2016]. Метод фитогормональной обработки рас-

тений озимой мягкой пшеницы, приводящий к заглублению их узла кущения с последующим отбором по зимостойкости, использован в ФГБУН «ФИЦ ИЦиГ СО РАН» при создании сортов Багратионовская и Кулундинка, а в ФГБНУ «Омский АНЦ» – при выведении сорта Омская 5.

Результативным методом получения исходного материала для селекции зимостойких сортов озимой мягкой пшеницы в ФГБУН «ФИЦ ИЦиГ СО РАН» также оказалась отдаленная гибридизация [Козлов В.Е., 2012]. В результате скрещивания зимостойких форм озимой мягкой пшеницы с инбредными клонами пырея сизого (*Agropyron glaucum*. Desf. ex DC. Roem. & Schult) было получено обширное генетическое разнообразие образцов озимой пшеницы, на основе которого выведены сорта Новосибирская 32, Филатовка, Новосибирская 9, Новосибирская 40 и Новосибирская 51 [Степочкин П.И., 2012; Размахнин Е.П., 2012].

Селекция озимой мягкой пшеницы на Дону ведется в ФГБНУ «Федеральный Ростовский АНЦ» и ФГБНУ «АНЦ «Донской». В ФГБНУ «Федеральный Ростовский АНЦ» выведены высокоурожайные пшеницы Донэко, Донна, Донская лира, Золушка [Грабовец А.И., 2014^Б; 2015; Фоменко М.А., 2016].

Селекционная работа по озимой мягкой пшенице в ФГБНУ АНЦ «Донской» ведется по двум направлениям: создание сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа для посева по парам и полунтенсивного типа для посева по непаровым предшественникам [Скрипка О.В., 2016; Рыбась И.А., 2018]. Интенсивные сорта озимой мягкой пшеницы Донская безостая, Донская юбилейная, Зерноградка 11, Конкурент, Ростовчанка 5, Марафон, Танаис, Ростовчанка 7, Аксиныя, Находка обладают высокой устойчивостью к низким температурам, засухе, полеганию и болезням и способны гарантированно обеспечивать до 6,0-7,0 т/га высококачественного зерна. Новые сорта озимой мягкой пшеницы Шеф, Этюд, Вольница, Вольный Дон, Донская степь, Жаворонок, Полина, Юбилей Дона сочетают высокую зерновую продуктивность с высокой морозо- и зимостойкостью, засухоустойчивостью, обладают высоким качеством зерна и комплексной устойчивостью к основным болезням, распространенным в регионе их выведения.

Селекция озимой мягкой пшеницы в ФГБНУ «Северо-Кавказский федераль-

ный научный аграрный центр (ФНАЦ)» ведётся методами классической, а также гаплоидной и маркерной селекции [Ковтун В.И., 2019]. Основная задача при этом – создание высокоадаптивных генотипов озимой пшеницы с комплексом основных хозяйственно-ценных признаков и свойств. Ежегодно изучается 80-100 тысяч сортообразцов, линий озимой мягкой пшеницы, а на государственное сортоиспытание передается 5-6 сортов [Ковтун В.И., 2018^A; Ковтун, В.И., 2018^B]. В Госреестр за период с 2010-2020 гг., включены выведенные в учреждении сорта озимой мягкой пшеницы Армада, Багира, Арсенал, Березит, Виктория 11, Каролина 5, Ксения, Нива Ставрополя, Олимп, Паритет, Секлетия, Ставка, Стать, Фируза 40 [Государственный реестр..., 2021].

Крупным селекционным достижением, имеющим мировое значение, явилось выведение в ФГБНУ «Национальный центр зерна (НЦЗ) им. П.П. Лукьяненко» сорта озимой мягкой пшеницы Безостая 1 (допущен в производство с 1959 г.). Сорт Безостая 1 получал широкое распространение в производстве как внутри страны, так и за её пределами – площадь его посева в 1972 г. достигала 18 млн га [Беспалова Л.А., 2016]. Возделывание сорта Безостая 1 позволило многим странам (Болгария, Венгрия, Румыния, Турция и др.) значительно увеличить урожайность пшеницы и обеспечить продовольственную безопасность. Имея уникальную сортообразующую способность, сорт Безостая 1 вошёл в родословные сотен пшениц мировой селекции [Рабинович С.В., 1972].

Л.А. Беспалова с соавторами (2016) отмечают, что в созданной П.П. Лукьяненко структуре отдела селекции пшеницы прослеживался индустриальный подход. Каждое направление селекции имело свой обособленный селекционный процесс, использовало определенный исходный материал и методы его создания, специализированные фоны для отбора, но все это было объединено общей методологией. В настоящее время использование новой селекционной техники, фитотронно-тепличного комплекса, унификация и технологичность полевых опытов позволяет вести интенсивную селекцию озимой мягкой пшеницы в больших объёмах. Ежегодно в отделе высевается 160-180 тысяч делянок. Большой объём селекции – это возможность гибко реагировать на посто-

янно меняющиеся запросы рынка. Многообразие и разноплановость исследований позволили за период селекции озимой мягкой пшеницы в учреждении до 2016 г. создать 223 сорта, что также свидетельствует о масштабности проводимых работ.

Ученые этого научного учреждения [Романенко А.А., 2005; 2007; Беспалова Л.А., 2017; 2020; 2021] считают, что главная задача селекции озимой мягкой пшеницы на современном этапе – расширить адаптивный потенциал культуры за счет большого набора генетически разнородных сортов, их адресности, антимонопольной политики, быстрой сменяемости, создать сорта с различной фотопериодической реакцией, продолжительностью вегетационного периода. Мозаичное размещение сортов, различающихся по устойчивости к стрессовым факторам среды, опережение патогенов через быструю сортосмену, агроэкологические запреты – всё это звенья проводимой в регионе сортовой политики.

По Северокавказскому региону государственного сортоиспытания в 2020 г. было допущено для производственного возделывания около 90 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» [Беспалова Л.А., 2020]. Сорта Гром и Таня, селекции данного учреждения с урожайным потенциалом 110,0-122,1 ц/га, по данным ФГБУ «Россельхозцентр», занимали вторую и третью позицию в рейтинге наиболее высеваемых сортов озимой пшеницы Российской Федерации на 2020 г. (см. рисунок 13).

Согласно исследованиям С.В. Гончарова (2016), сорта шести ведущих селекционных центров: Донского НИИСХ (ныне ФГБНУ «Федеральный Ростовский АНЦ»), Ставропольского НИИСХ (ныне ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»), Самарского НИИСХ (ныне филиал ФГБУ «СамНЦ РАН»), ВНИИ зерновых культур (ныне ФГБНУ «АНЦ «Донской»), Немчиновки (ныне ФГБНУ «ФИЦ "Немчиновка"»), Краснодарского НИИСХ (ныне ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») занимают около 80 % посевных площадей озимой мягкой пшеницы в стране (рисунок 14).

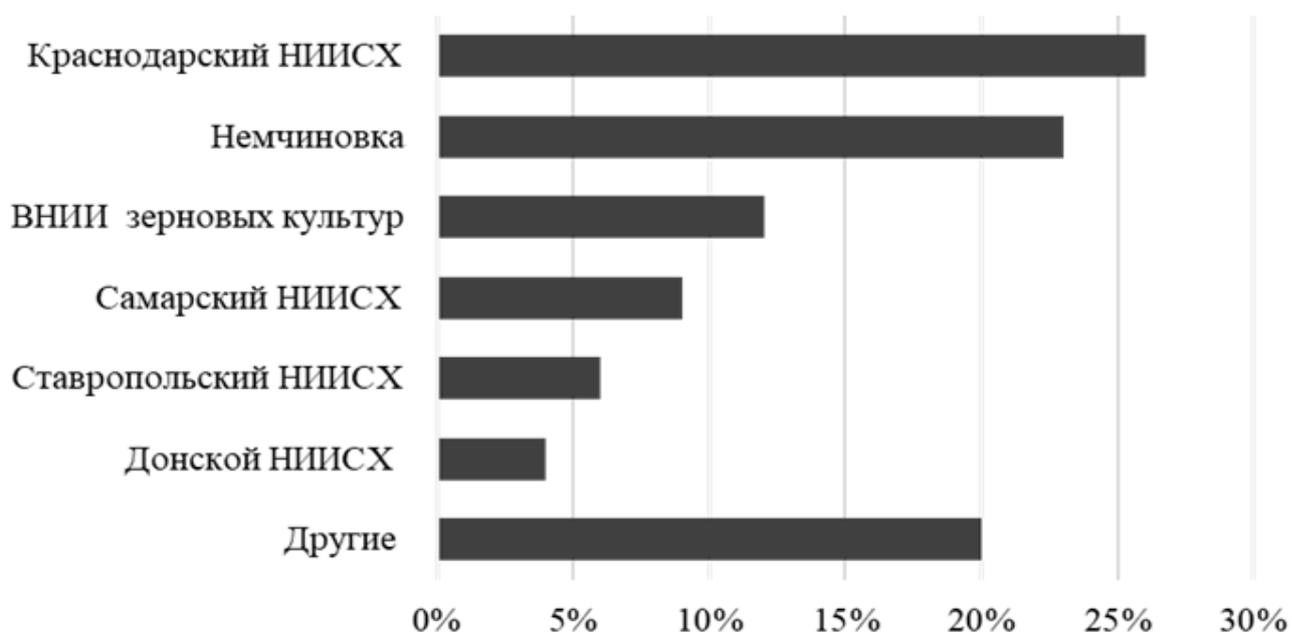


Рисунок 14 – Занимаемые площади (%) сортами озимой мягкой пшеницы лидеров рынка в Российской Федерации (по С.В. Гончарову, 2016)

По мнению автора, вопрос о том, в какой степени селекционеры страны удовлетворяют потребности отрасли в новых сортах культуры в количественном и качественном отношении, остается открытым.

На современном этапе в нашей стране развитию селекции полевых культур, в том числе и озимой мягкой пшеницы, мешают устаревшие техника и оборудование, низкая мотивация селекционеров, старение научных кадров в результате снижения эффективности кадрового обеспечения агропромышленного комплекса. Проблемы отечественной селекции также кроются в усугубляющемся противоречии между потребностями повышения её эффективности посредством клеточной и генной инженерии, молекулярного маркирования, фенотипирования и других достижений молекулярной биологии и несовершенным механизмом финансирования прикладных исследований. Селекционеры большинства научных учреждений страны, как правило, не могут позволить себе проводить дополнительные дорогостоящие исследования, анализы и постепенно теряют профессиональные знания, связанные с сопряженными отраслями [Гончаров С.В., 2016].

Е.А. Салина (2016) отмечает, что традиционная селекция – это та основа, на

которой стоит и будет стоять создание сортов сельскохозяйственных растений. Современные же методы маркер ориентированной селекции и геномной селекции должны обеспечить более быстрое решение поставленных задач.

Таким образом, селекция озимой мягкой пшеницы ведется во всех основных зонах её выращивания в стране, наиболее активно – в научных учреждениях Северокавказского региона России. Среди возделываемого в стране сортимента озимых пшениц традиционно доминируют сорта гибридного происхождения. Экспериментальный мутагенез, отдалённую гибридизацию в селекции озимой мягкой пшеницы на высокую морозо- зимостойкость, наряду с внутривидовой гибридизацией, практикуют селекционеры Сибири. На современном этапе в России пока ещё отсутствуют в производстве гетерозисные гибриды и трансгенные сорта озимой мягкой пшеницы отечественной селекции. Тормозом для развития селекции исследуемой культуры в стране, как и для многих других сельскохозяйственных культур, является недостаточное финансирование, устаревшие материально-технические ресурсы, кадровый дефицит. Решение этих проблем, а также использование достижений молекулярной биологии может позволить в будущем поднять отечественную селекцию озимой мягкой пшеницы на качественно новый уровень и успешно конкурировать с сортами зарубежной селекции.

1.5 Методы и теоретические аспекты селекции пшеницы на экологическую адаптивность

В условиях глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата [Бондаренко Л.В., 2018; Переведенцев Ю.А., 2019] адаптивный потенциал сорта сельскохозяйственной культуры является одним из основных критериев его производственной ценности [Чирко Е.М., 2009; Замлила Н.П., 2011]. В связи с этим одна из главных задач современной селекции растений – это повышение устойчивости создаваемых сортов к биотическим и абиотическим стрессовым факторам среды [Жученко А.А., 2001; Кононенко Л.А., 2010; Гриб С.И., 2017, Kozulina N.S., 2020].

Во всем мире как основной источник улучшения сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы, на ближайшие десятилетия рассматриваются мировые генетические ресурсы растений [Конарев А.В., 2006; Mitrofanova, O.P., 2010; Didier A., 2012]. О.П. Митрофанова (2012) утверждает, что для генетического банка семян любой страны коллекционный материал пшеницы имеет особую ценность, поскольку в нём содержится огромный запас аллелей генов, обеспечивающих приспособленность культуры к различным условиям среды.

Некоторые ученые [Жученко А.А., 1980; 2004; Грабовец А.И., 2015] указывают на значимую роль использования местных форм, сортов народной селекции с уже коадаптированными комплексами генов для усиления адаптивных свойств у создаваемых в процессе селекции новых генотипов. Не случайно А.А. Жученко (2004) определяет местные сорта как «хранилища генов адаптации» к разнообразным условиям среды. И.А. Рыбась (2016) отмечает, что отбор на адаптивность был основой «народной селекции», когда не ставилась задача получить рекордные урожаи, но ценилась устойчивость растений к неблагоприятным климатическим условиям и болезням.

С.П. Мартынов и Т.В. Добротворская (1998) считают, что узкая генетическая основа используемых в производстве сортов пшеницы может привести к значительным потерям вследствие однообразной их восприимчивости к стрессовым факторам внешней среды. По мнению А.А. Жученко (1990^A), Е.П. Размахнина (2012), Р.О. Давоян (2015), проблема экологической адаптивности может быть решена путем широкого использования «залежей» зародышевой плазмы диких видов и культурных сородичей в качестве доноров хозяйственно-ценных признаков. Однако известно, что реализация возможностей отдаленной гибридизации связана с многочисленными генетическими трудностями и длительностью селекционного процесса [Жученко А.А., 1984; 1986].

Основным методом селекции большинства сельскохозяйственных культур, в том числе озимой мягкой пшеницы, в настоящее время остается внутривидовая гибридизация. Как считает D.N. Duvick (1984), уже в используемых в производстве сортах и гибридах удастся обнаружить новые генетические источники устой-

чивости к биотическим и абиотическим стрессам. Многие поставленные задачи можно решить внутривидовой гибридизацией, не прибегая к вовлечению в селекционный процесс диких видов и других отдаленных форм.

Известно, что далеко не вся генотипическая изменчивость, возникающая в популяции даже при внутривидовой гибридизации, переходит в адаптивно-значимую и доступную отбору [Allard R.W, 1960], вследствие канализации онтогенетического развития растений, селективной элиминации «нетрадиционных» генотипов на разных этапах жизненного цикла, трудностей распознавания по фенотипу и т.д. [Жученко А.А, 1990^B; 2004]. Эти же причины истощения генотипической изменчивости в популяциях являются основными и при создании нового исходного материала другими методами селекции – мутагенеза, генной, клеточной инженерии.

Мутация при малых дозах радиации многими учеными [Лобашов М.Е., 1947; Молчан И.М., 1990^B; Эйгес Н.С., 2013] рассматривается как адаптивный процесс формообразования. Некоторые ученые [McClintock B., 1978; Хесин Р.Б., 1984; Тупицын Н.В., 1990; Jones N., 2012] считают, что важное место в адаптивных реакциях организма к условиям среды обитания принадлежит мигрирующим генетическим элементам, чья роль также велика в мутационных событиях.

А.А. Жученко (1990^A) отмечает, что за счет рекомбинаций мутационная изменчивость может быть преобразована в адаптивно значимые комплексы генов, сохраняемые в процессе естественного и искусственного отборов, что расширяет возможности селекции на устойчивость к стрессовым факторам внешней среды.

Считается, что методы молекулярной биологии, включая трансгеноз, могут быть весьма перспективными в обеспечении более высокого уровня гомеостаза роста и развития растений сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы мягкой [Жученко А.А, 2003; Драгавцев В.А., 2006; Шевелуха В.С., 2009; Глазко В.И., 2014]. Однако ученые пока не могут в полной мере спрогнозировать в отдаленной перспективе все последствия широкого использования генетически модифицированных организмов.

Наиболее часто применяемые на практике в настоящее время методы

трансформации пшеницы – прямой перенос генов при помощи биологической баллистики и посредством *Agrobacterium tumefaciens* *in vitro* и *in planta* [Гапоненко А.К., 2018]. Первые трансгенные растения пшеницы методом биобаллистики были получены в 1992 г., агротрансформацией в 1997 г. [Vasil V., 1992; Cheng M., 1997]. По данным Information System for Biotechnology на 24.04.2017 г. (цит. по А.К. Гапоненко 2018), в США прошли и проходят полевые испытания 588 сортов трансгенной пшеницы с улучшенными агробиологическими показателями.

З.Р. Вершинина с соавторами (2020) констатируют, что трансгенные культуры в мире занимают площадь более 190 млн. га, из которых 99,0 % приходится на сою (50,0 %), кукурузу (30,7 %), хлопчатник (13,0 %), рапс (5,3 %). Добровидова О.Г. (2018) считает, что пшеница пока ещё не входит в число широко распространенных трансгенных культур прежде всего по той причине, что её генетическую модификацию как главной зерновой культуры в мире общественность воспринимает негативно.

Важное место в адаптивной селекции растений принадлежит искусственному отбору, являющемуся как самостоятельным методом, так и, главным образом на современном этапе, неотъемлемым атрибутом всех остальных методов селекции [Коновалов Ю.Б., 1990]. Искусственный отбор в селекции растений находится в тесной взаимосвязи с естественным, что неоднократно подчеркивал Н.И. Вавилов (1957, 1967). А.А. Жученко (1990^b) полагает, что, в отличие от селекционера, который стремится создать сорт с максимальным уровнем проявления хозяйственно-ценных признаков, естественный (преимущественно стабилизирующий) отбор в первую очередь элиминирует мутантные и рекомбинантные гаметы, зиготы, проростки (в том числе обладающие трансгрессивным уровнем проявления признака), которые существенно отклоняются от средней (модальной) нормы. Аналогичного мнения придерживается В.А. Драгавцев (2008) считая, что все признаки, имеющие адаптивное значение, в процессе естественного отбора должны превращаться в признаки с генотипической дисперсией, близкой к нулю. Селекционеры Поволжского НИИСС им. П.Н. Константинова – филиала ФГБУ «СамНЦ РАН» в результате многолетних исследований пришли к выводу, что

успешный отбор в селекции озимой мягкой пшеницы на адаптивность зависит от изучения генетической изменчивости показателей [Маслова Г.Я., 2018^A].

Исследованиями П.П. Литуна с соавторами (1982) установлено, что крайние по степени выраженности признака фенотипы, по сравнению со средними, обладают менее стабильной урожайностью при изменении экологических условий. К аналогичному заключению пришёл И.М. Молчан (1993), изучавший биотипный состав сорта озимой мягкой пшеницы Мироновская 808.

Многими учеными показана относительная независимость генетических систем продуктивности и ее стабильности [Connolly V., 1975; Jinks J.L, 1982; Кильчевский А.В., 1989; 1997; Рыбась И.А., 2018; Сюков В.В., 2010; 2015^B]. А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева (1997) полагают, что отбор в тех условиях, где фенотипически проявляется только генетическая система продуктивности, может привести к случайному дрейфу генов, определяющих стабильность, и их потере. Отбор в средних условиях среды удовлетворяет обоим условиям, обеспечивая возможность выделения перспективных форм.

В селекции полевых культур искусственный отбор всегда протекает на фоне естественного, и конечный результат зависит от их совместного действия. Это означает, что использование фитотронов, теплиц или других искусственных сред как средства ускорения селекционного процесса [Hickey L.T., 2019] обнажает проблему фона в селекции. А.А. Жученко и А.Д. Урсул (1983) указывают на то, что выращивание в искусственно созданных условиях нескольких гибридных поколений приводит к снижению эффективности естественного отбора на устойчивость к нерегулируемым факторам среды.

В.В. Глуховцев (2014), Г.Я. Маслова (2018^A) считают, что получение сортов с комплексной устойчивостью к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам требует проведения целенаправленного отбора на основе знаний о закономерностях взаимосвязи между хозяйственно-ценными показателями. В силу целостности живых систем все структурные и функциональные уровни взаимосвязаны, что позволяет по одному признаку судить об остальных [Кренке Н.П., 1940; Кубарев П.И., 1989; Кильчевский А.В., 1997]. Корреляционные зависимости

между показателями являются одним из механизмов внутригеномной сбалансированности, в основе которых лежат явления сцепленного наследования и плейотропии, изменения проявления генов в новой среде [Беляев Д.К., 1962; Waddington С.Н., 1966; Драгавцев В.А., 1983; 2019], интегрированность адаптивных реакций [Жученко А.А., 1990^А; 2004; 2012].

В.Г. Конарев (1983; 2006), А.А. Созинов (1990), В.К. Шумный (2016) сообщают, что проведению качественного отбора на устойчивость к стрессовым факторам внешней среды способствуют молекулярно-генетические маркеры. Е.К. Хлесткина (2013) констатирует, что в настоящее время генетические маркеры широко востребованы в постоянно развивающихся методах анализа. Молекулярные маркеры широко используют в своей работе селекционеры США [Dubcovsky J. 2004], Австралии [Sharp P.J., 2001], Европейского Союза [Charmet G., 2012] и других стран [Беспалова Л.А., 2012].

В селекции сельскохозяйственных растений на сочетание высокой потенциальной продуктивности и экологической устойчивости особое место занимает создание гетерозисных гибридов. Согласно Н.П. Дубинину (1948), оптимально адаптированный фенотип появляется на базе гетерозиготных генотипов. Гетерозиготы обычно проявляют наибольшую приспособленность к варьирующим факторам внешней среды, обеспечивая существенную стабильность фенотипа (в том числе урожайности) за счет большей модификационной изменчивости несущественных признаков. О более высокой приспособленности к среде обитания гетерозигот в сравнении с гомозиготами указывает также О. Солбриг (1982).

Несмотря на то, что явление гетерозиса было описано И.Г. Кельрейтером ещё во второй половине XVII в., в настоящее время отсутствует единая теория, её объясняющая. Предполагается, что проявление эволюционного гомеостаза, или «гетерозисного буферирования», у гибридов F_1 базируется на качественно новых эффектах интегрированности адаптивных реакций целостного растения, большого спектра защитно-компенсаторных механизмов [Струнников В.А., 1987; Жученко А.А., 1988; 1990^Б].

Гетерозис в селекции *T. aestivum* L., в отличие от ряда других сельскохозяй-

ственных культур, пока ещё не нашел широкого применения. В Европе в 2012 г. посевы гетерозисных гибридов пшеницы составляли 250 тыс. га. Это преимущественно Франция, лидирующая по производству химических агентов «стерилизации» [Хотылева Л.В., 2016]. В Индии и Китае также в небольших объемах (площадь до 100 тыс. га) возделывают гибриды пшеницы, но уже на основе цитоплазм *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig и *T. timopheevii* Zhuk. [Гончаров С.В., 2018^А].

Некоторые ученые [Палилова А.Н., 1981; Michalak de Jimenez, 2013; Першина Л.А., 2016] считают, что устойчивость к стрессовым факторам внешней среды зависит от скоординированного взаимодействия ядерного и цитоплазматического геномов, или «ядерно-цитоплазматического взаимодействия». И.А. Захаров-Гезехус (2014) сообщает, что в молекулах цитоплазматической ДНК расположены хотя и немногочисленные, но также жизненно важные гены. С точки зрения В.В. Хангильдина [цит. по А.А. Жученко, 2003], высокая адаптивность сорта озимой мягкой пшеницы Мироновская 808, получавшего широкое распространение в самых разных почвенно-климатических и агроэкологических условиях возделывания [Коломиец Л.А. 2013], объясняется идеальной «подогнанностью» его генома и плазмона.

В.С. Валекжанин и Н.И. Коробейников (2012) полагают, что устойчивость к факторам внешней среды может обеспечить расширение биотипного состава сортов пшеницы. Идея создания в процессе селекции определённого генетического полиморфизма в сортах имеет объективные предпосылки, носит искусственный характер, скопированный у природы [Тихомиров В.Т., 1995] и исходит из общих закономерностей эволюционного процесса [Тупицын Н.В., 1990]. Увеличение гетерогенности сортовых посевов может способствовать достижению эффекта сверхкомпенсации в использовании природных ресурсов, а также популяционной «буферности» в неблагоприятных условиях внешней среды [Жученко А.А.^Б, 1990; Щипак Г.В., 2013]. По мнению И.М. Молчан (1993), при использовании любых методов селекции: и при гибридизации, и при использовании мутагенеза, гетерозиса или полиплоидии можно достичь у создаваемого сорта «генетически сбалансированной внутрипопуляционной гетерогенности».

Генетический полиморфизм присущ сортам народной селекции, а также некоторым сортам более поздних периодов выведения [Конарев А.В., 2006], представляющих собой сложную саморегулируемую систему морфологически сходных, функционально различных, биологически совместимых особей [Молчан И.М., 1993; Тупицын Н.В., 1999]. Природа экологически пластичного сорта яровой мягкой пшеницы Лютесценс 62, по мнению В.Н. Мамонтовой (1980), заключается в существовании скрытой сбалансированной гетерогенности по физиологическим показателям.

Использование белковых и молекулярных маркеров позволило выявить генетическое разнообразие, как среди местных, так и среди отдельных селекционных сортов пшеницы [Конарев В.Г., 1993; Корнюхин Д.Л., 2003; Конарев А.В., 2006; Аль-Юсеф В.А.Ч., 2009; Митрофанова О.П., 2012]. Так, исследованиями В.Г. Конарева (1993) установлено, что наибольшим полиморфизмом по спектрам проламинов характеризуются стародавние сорта (Крымки, Банатки), а также местные сорта пшеницы, включающие в себя до 20 и более биотипов. Промежуточное положение по степени внутрисортного полиморфизма глиадины занимают сорта довоенной и послевоенной селекции, а также отечественные сорта-шедевры Мироновская 808 и Безостая 1 с достаточно высокими адаптивными свойствами.

Генетический полиморфизм другого типа присущ многолинейным сортам. Их создание предполагает проведение целенаправленной селекции, позволяющей обеспечить не только фенотипическую выравненность растений в агроценозе, но и проявление компенсаторных и синергических эффектов при их взаимодействии [Жученко А.А., 1990^б; Коновалов Ю.Б., 2013], поиск и учет оптимального количественного и качественного соотношения компонентов, их конкурентной способности, экологической стабильности, размаха изменчивости признаков [Молчан И.М., 1993; Коваль С.Ф., 2005]. Сам процесс выведения многолинейных сортов на основе рекуррентного родителя оказывается длительным, сложным является их семеноводство [Тупицын Н.В., 1999; Логинов Ю.П., 2013].

Некоторые ученые [Синская Е.Н., 1939; Жученко А.А., 1983; 2004; Молчан

И.М. 1990^A; Ничипорович А.А., 1975; Коломейченко В.В., 2008] обращают внимание на важность биоценотического подхода в адаптивной селекции растений. В селекции на адаптивность независимо от воли селекционера отбор воздействует на систему популяций разных видов. Е.Н. Синская (1939) отмечала, что возможно полное и планомерное использование видовых систем должно лечь в основу современного учения о селекции. Согласно мнению А.А. Жученко (1983), биоценотический подход предполагает не столько полное уничтожение болезней, вредителей и сорняков в посевах культуры, сколько регулирование их численности; не столько сосредоточение в каждом генотипе олигогенов, детерминирующих устойчивость к разного рода неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам, сколько использование неспецифической полифункциональной комплексно-полевой выносливости биосистемы-сорта.

Возделываемые в производстве сорта озимой мягкой пшеницы характеризуются той или иной степенью узкой или широкой адаптации. К числу сортов с широкой адаптацией можно отнести озимые пшеницы Мироновская 808 и Безостая 1, площадь посева которых в отдельные годы в нашей стране и за её пределами достигала соответственно 11 млн га [Коломиец, Л.А., 2013] и 18 млн га [Беспалова Л.А., 2016]. Узкоадаптированным можно считать сорт озимой мягкой пшеницы Харьковская 92, который с момента включения в Госреестр (1993 г.) наибольшее распространение получил только в Ульяновской области, где площадь его посева в отдельные годы превышала 30 % общей посевной площади культуры [Захарова Н.Н., 2019^B]. Как показывает практика, для отдельных сортов озимой мягкой пшеницы характерна еще более узкая адаптация, высокая степень приспособленности к той или иной зоне региона [Захарова Н.Н., 2020].

В.Т. Тихомиров (1995) предполагает, что в условиях ожидаемых глобальных и локальных климатических изменений потребуются сорта и гибриды, максимально приспособленные к конкретным природно-климатическим условиям регионов. А.А. Жученко (1980, 2004), Н.В. Тупицын (1999) считают, что преимуществом сортов с узкой адаптацией является то обстоятельство, что они характеризуются минимальными потерями продукционного потенциала в силу лимитируе-

мости биоэнергетического баланса [Реймерс Н.Ф., 1994].

Однако, по мнению А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой (1997), использование сортов с узкой адаптацией может быть успешным только в регулируемых условиях, что в естественной среде трудно осуществимо, или даже невозможно. Б.П. Гурьев с соавторами (1986) считают, что каждая складывающаяся средовая ситуация уникальна. Отдельными исследователями [Сюков В.В., 2008^А; Сапега В.А., 2013] установлено, что на продуктивность растений действие погодных условий года может оказывать не меньшее влияние, а часто даже большее, чем действие условий местности. По мнению многих авторов [Кильчевский А.В., 1997; Замлила Н.П., 2011; Гончаренко А.А., 2016; Прянишников А.И., 2016; Фоменко М.А., 2019^А], использование сортов с широкой адаптацией является самым эффективным способом уменьшения потерь урожайности возделываемых культур от экстремальных факторов внешней среды.

А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева (1997) полагают, что механизмы экологической адаптивности в широком смысле слова, как способности генотипа к широкой норме реакции на комплекс факторов среды, известны довольно поверхностно. Известны многие случаи, когда производственное использование сорта осуществляется далеко за пределами региона его выведения [Неттевич Э.Д., 2001; Чирко Е.М., 2009; Захарова Н.Н., 2019^В].

При выведении сортов с широкой адаптацией зачастую важна кооперация селекционных учреждений, которая позволяет выделить селекционные линии, приспособленные к разным почвенно-климатическим условиям. Так, совместная селекционная работа по яровой мягкой пшенице с целью достижения широкой приспособленности создаваемых сортов в рамках программы «Экада» была начата в 1995 г. учеными Пензенского, Самарского, Башкирского и Ульяновского НИИСХ, а также научно-производственной фирмы «Фитон» и научного центра «Кургансемена» [Сюков В.В., 2008^В; Менибаев А.И., 2018].

Примерами успешного сотрудничества между селекционерами мира являются работы Международного центра по улучшению пшеницы и кукурузы (СІММУТ) и Международного центра сельскохозяйственных исследований в за-

сушливых регионах (ICARDA) [Мережко А.Ф., 1975; Крупнов В.А., 1985; Morgounov A.I., 2005; Сухоруков А.Ф., 2015^Б; Агеева Н.В., 2018; Масимгазиева А.С., 2019; Juliana P., 2020]. Широкая экологическая проверка новых сортов позволяет выделить образцы, приспособленные к разным агроэкологическим и почвенно-климатическим условиям.

По мнению С. Бороевич (1984), нет необходимости противопоставлять широкую и узкую адаптивность сортов. Необходимо иметь как можно больше сортов с обоими типами приспособленности, максимально используя при этом различные средовые условия. Высокий адаптивный потенциал пшеницы, согласно А.А. Жученко (1990^А), обусловлен в том числе и тем, что среди сортового состава этой культуры можно обнаружить сорта и узкоспециализированные, и обладающие широкой адаптацией.

П.И. Кубарев (1993) считает желательным наличие у создаваемых сортов преимущества, которое основано на трех модусах – ароморфозе, идиоадаптации и синергизме, то есть сорт отличается широкой экологической пластичностью, хорошо приспособлен к конкретным, специфическим условиям среды, а входящие в его состав биотипы имеют синергические отношения.

Таким образом, в селекции растений на экологическую адаптивность могут быть применены известные её методы. Можно ожидать, что более широкое использование молекулярно-генетических маркеров повысит результативность данного направления селекции. Ключевыми моментами адаптивной селекции при использовании любого из её методов являются выбор фона для отбора генотипов и оценка их адаптивной способности.

1.6 Средовой фактор в реализации генотипа и критерии оценки экологической адаптивности растений

Факторы внешней среды играют крайне важную роль для роста и развития растений. Возможность координировать своё развитие с внешними воздействиями является основным в выживании, и это особенно актуально для

растений, так как они ведут прикрепленный образ жизни. Благодаря этой особенности в эволюции растений выработалась собственная жизненная стратегия – сохранение высокого уровня адаптации за счет множества механизмов (программ) защиты, которые реализуются в онтогенезе [Лутова Л.А., 2013].

Под адаптацией Н.А. Сурин и Н.Е. Ляхова (1993) понимают все связи и отношения, которые устанавливаются между растением, фитоценозом в целом и окружающей средой. Согласно А.А. Жученко (1988), вся жизнь растений является, по существу, адаптацией, то есть процессом постоянного приспособления к условиям окружающей среды.

На значимость для селекции проблемы среды и взаимодействия организма и среды указывают работы многих учёных [Вавилов Н.И., 1935; Плохинский Н.А., 1964; Молчан И.М., 1993; Kang M.S., 2004; Драгавцев В.А., 2008; 2011; Сапега В.А., 2013; Mohamed N.E.M., 2013; Сюков В.В., 2015^Б].

С сортом растений связаны особенности и все элементы технологии той или иной культуры. Оптимизация среды для выращивания сельскохозяйственных культур и сортов во многом определяет продуктивность и устойчивость экосистем. А.В. Кильчевский (2005) считает, что фактическое создание сорта предполагает не только его получение, но и поиск экониши, где этот сорт обеспечит высокую урожайность, его стабильность, а также качество как основные задачи селекции.

Согласно А.А. Жученко (1990^А), доля реализованной урожайности сельскохозяйственных культур составляет 20-30 % от потенциальной. Основные причины недобора урожая многие ученые [Кильчевский А.В., 1989; 1997; Жученко А.А., 2004; Vacha T., 2015; Vornhofen E., 2017] видят в несбалансированности системы «организм – среда». С.Ф. Коваль с соавторами (2005) полагают, что практически все сельскохозяйственные растения характеризуются высокой, даже избыточной потенциальной урожайностью. Реальная, весьма ограниченная величина урожайности создается за счёт громадных потерь потенциала под влиянием неблагоприятных условий, поражения болезнями и вредителями, несовершенства наших сельскохозяйственных машин и техноло-

гий [Чирко Е.М., 2009; Давоян Р.О., 2012; Сапега В.А., 2013].

Сорт растений, по мнению Н.М. Комарова и Е.В. Дружининой (2004), представляет собой компромисс между тремя группами определяющих его показателей: продуктивный потенциал, адаптивный потенциал и потенциал качества. Адаптивный потенциал формируется в результате сложного взаимодействия «генотип-среда». Взаимодействие «генотип-среда» является статистическим феноменом, который возникает из-за несоответствия генетических и негенетических эффектов [Хотылева Л.В., 1982; Kang M.S., 2004; Кильчевский А.В., 2005; Сюков В.В., 2010; 2015^Б; Сапега В.А., 2013; Malosetti M., 2013; Рыбась И.А., 2016; Vornhofen E., 2017; Osei M.K., 2018]. А.В. Кильчевский (2005) отмечает, что в селекции, по сути, селекционер оценивает норму реакции генотипов на факторы внешней среды. По этой же причине в производстве в разные годы, а также в разных пунктах, сорта могут различаться рангами по уровню реализованной урожайности [Plomin R., 1977; Федин М.А., 1980; Кильчевский А.В., 1997; Yan W., 2001; Williams R.M., 2008; Комаров Н.М., 2012; Сапега В.А., 2013; Рыбась И.А., 2016].

Многие исследователи [Уоддингтон К., 1964, 1970; Waddington С.Н., 1966; Кильчевский А.В., 1997; Драгавцев В.А., 2008; Сюков В.В., 2010; 2015^Б; Syukov V.V., 2011] считают, что генотипо-средовые эффекты имеют эпигенетический характер и связаны с изменением экспрессии генов в процессе индивидуального развития и формирования ценозов.

Согласно идеям С.Н. Waddington (1966), развивающийся организм выбирает один из нескольких возможных путей развития, и эта единственная траектория онтогенеза характеризуется наибольшей устойчивостью. Совокупность всех возможных траекторий канализирована и образует эпигенетический ландшафт (рисунок 15.). По мнению А.В. Кильчевского (2005), взаимодействие «генотип-среда» на организменном уровне изменяет «траекторию онтогенеза», что приводит к изменению фенотипа.

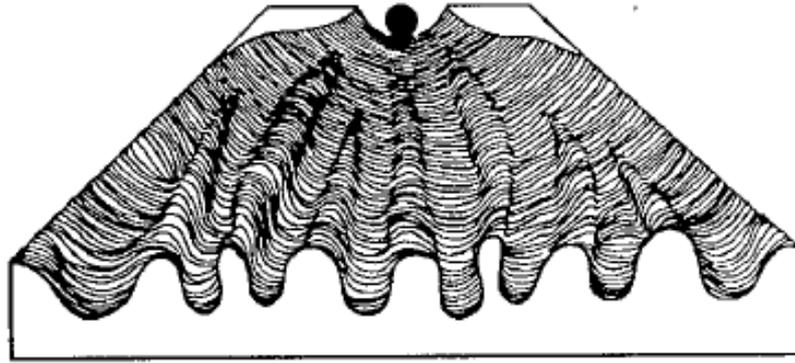


Рисунок 15 – Эпигенетический ландшафт – возможные траектории развития организма как результат взаимодействия «генотип-среда» (С.Н. Waddington, 1966)

Согласно В.А. Драгавцеву и А.Ф. Аверьяновой (1983) вследствие интегрированности элементов генетической системы в рамках целостного организма фенотип представляет собой реализацию двух иерархий – структурных и временных модулей.

Б.Ф. Ванюшин (2013) определяет фенотип как продукт совокупной реализации генома и эпигенома. Саму ДНК (ген) можно рассматривать как «самоорганизующий полимер с упорядоченной структурой в хроматине, способный реагировать и воспринимать разные эпигенетические сигналы». Эпигенетические механизмы (энзиматическое метилирование ДНК, гистоновый код и др.) имеют решающую роль в ходе реализации генетической информации [Durant A., 1962; Кэксер Г., 1963; Богданова Е.Д., 2003; Margueron R., 2005; Драгавцев В.А., 2006; Maksimovic I., 2021].

Феномен взаимодействия «генотип-среда» был открыт на рубеже XIX-XX вв., когда ученые К. Пирсон, С. Спирмен и Р. Фишер предложили количественные методы для измерения эффектов взаимодействия «генотип-среда» с использованием коэффициента ранговой корреляции и двухфакторного дисперсионного анализа [Pearson K., 1892; Spearman C., 1904; Fisher R.A., 1925]. Большинство используемых методов статистического анализа взаимодействия «генотип-среда» предполагают оценку приспособленности генотипов или параметров среды [Freeman G.H., 1973; Кильчевский А.В. 2005; Malosetti M., 2013; Bornhofen E., 2017].

Исследованиями В.А. Сапега (1999, 2013), Е.М. Чирко (2009), В.Г. Криво-

бочека (2010), П.Н. Мальчикова (2016) установлено, что роль сорта как отдельного фактора в формировании урожайности сельскохозяйственных культур незначительна, в сравнении с условиями среды. Характер климатических условий зачастую не позволяет генотипам реализовать свои потенциальные возможности при существующем уровне их адаптивного потенциала. Превалирование факторов среды в определении урожайности диктует необходимость внедрения в производство сортов с повышенным уровнем их адаптивности.

В литературе можно встретить несколько различающиеся по содержанию понятий «адаптивность». Так, по мнению Н.А. Лыковой (2008), «...адаптивность – это сохранение жизнеспособности и возможности формировать семена в условиях, отличных от оптимальных, вплоть до экстремальных». И.А. Рыбась (2016) определяет адаптивность как способность растений противостоять действию факторов среды, снижающих продуктивность и урожайность. А.А. Гончаренко (2005^b), Н.И. Дзюбенко (2008), А.И. Грабовец (2008) адаптивностью считают способность сорта формировать высокую и стабильную продуктивность в различных условиях выращивания. А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева (1997) под адаптивностью генотипа понимают «поддержание свойственного ему фенотипического выражения признака в определенных условиях среды».

Принято считать, что общая адаптивная способность отражает реакцию генотипа во всей совокупности сред, а специфическая адаптивная способность – его реакцию лишь в определенной среде [Simmonds, N.W., 1962; Annicchiarico P., 2002; Велигодская А.В., 2012].

Способность культур и сортов к высокой урожайности в широком диапазоне экологических условий высоко ценится селекционерами и агрономами [Пакудин В.З., 1984; Мелехина Т.С.; 2015; Мальчиков П.Н., 2019] и свидетельствует об их хорошей адаптивности [Кудряшов И.Н., 2005; Замлила Н.П., 2011; Грабовец А.И.].

Для более полной и надежной оценке адаптивности селекционных линий и сортов часто рекомендуется использование различающихся статистических параметров [Сюков В.В., 2005; Чирко Е.М., 2009; Давыдова Н.В., 2020].

А.В. Кильчевский (1997) констатирует, что «понятия «стабильность» и «пластичность», также, как и понятие «адаптивность» в отечественной и зарубежной литературе, трактуются по-разному, что затрудняет оценку этих параметров и их использование при отборе». Как правило, под пластичностью селекционеры понимают способность сортов растений давать высокий и устойчивый урожай в различных условиях произрастания (Мамонтова В.Н., 1980; Зыкин В.А., 2011; Рыбась И.А., 2018]. В.Г. Кривобочек (2010) считает, что «...под экологической пластичностью следует понимать отзывчивость сорта на улучшение условий выращивания, а под стабильностью – незначительное снижение урожаев зерна в неблагоприятных условиях среды, то есть низкую их вариабельность по годам». А.Д. Bradshaw (1965) определяет пластичность как свойство генотипа изменять значения признаков в различных условиях среды, а стабильность – как отсутствие пластичности. Под В.З. Пакудину (1984) пластичность «...среднюю реакция генотипа сорта на среду, а стабильность – отклонение от средней реакции. И.А. Рыбась И.А. с соавторами (2018) считают, что экологическая пластичность организмов – это степень приспособляемости к изменениям фактора среды, выражающаяся диапазоном (амплитудой) значений факторов среды, в пределах которых сохраняется нормальная жизнедеятельность. Чем шире диапазон, тем больше экологическая пластичность.

Наиболее широкое распространение для оценки пластичности и стабильности генотипов получил метод Эберхарта и Рассела [Eberhart S.A., 1966]. Представление о стабильности и пластичности изучаемых генотипов можно также получить в ходе оценки взаимодействия генотипа и среды методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985). При этом пластичность и стабильность характеризуют модификационные возможности по признакам растений [Walton P.D., 1968; Debat V., 2001; Nicotra, A.V., 2010]. Согласно С.Ф. Ковалю с соавторами (2005), доля изменчивости, обусловленная взаимодействием среды и генотипа, является нормой реакции генотипа на внешние условия, то есть его экологической пластичностью. Она отражает способность сорта изменять свою продуктивность под влиянием условий среды как в лучшую, так и в худшую сторону.

Пластичность (нестабильность) сортов по ряду признаков может служить механизмом, регулирующим устойчивость организма в различных условиях выращивания. Пластичности одних признаков определяют стабильность других, обеспечивая наибольшую адаптивность генотипа [Пакудин В.З., 1984; Кильчевский А.В., 1997; Кривобочек В.Г., 2010; Рыбась И.А., 2016].

По мнению некоторых ученых [Allard R.W., 1964; Бурдун А.М., 1981], стабильность это постоянство, в первую очередь урожая, в различных средах. Стабильность продуктивности сортов достигается различным сочетанием многих стабильных и нестабильных признаков [Кильчевский А.В., 1997].

В проблеме экологической стабильности многие ученые [Lerner I.M, 1954; Шмальгаузен И.И., 1968; Уодингтон К.Х., 1970; Хангильдин В.В. (1986); Tollenaar M., 2002; Сапега В.А., 2013; Фоменко М.А., 2019^Б] наиболее важным считают наличие у организмов регуляторных систем, которые обеспечивают гомеостатичность – способность организмов поддерживать постоянство физиологических процессов в течение онтогенеза, относительную независимость от условий окружающей среды.

Гомеостатичность система адаптивных реакций организма (генотипа), которая обеспечивает постоянного уровня определенный уровень урожайности в разнообразных условиях среды [Хангильдин В.В. (1981); Кононенко Л.А., 2012; Сапега В.А., 2013; Потанин В.Г., 2014]. Н.П. Замлила с соавторами (2011) полагают, что оценка сортов по гомеостатичности означает выявление способности генотипов сводить к минимуму последствия действия неблагоприятных условий внешней среды в различные периоды их выращивания.

Гомеостаз определяют как физиологскую буферность, выносливость стрессовых факторов среды [Allard R.W., 1964; Малов Ю.С., 2007; Чирко Е.М., 2009]. Сорты, устойчивые по величине урожая к широкому диапазону действия факторов внешней среды, Ф. Бригс и П. Ноулз (1972) определяют, как буферные.

Для оценки генотипов на экологическую адаптивность В.В. Сюковым и А.И. Менибаевым (2015^Б) было предложено использовать показатель гомеоадаптивности, объединяющий механизмы пластичности, стабильности, адаптивности

и неспецифического компонента гомеостаза.

Имея большой опыт работы с яровой мягкой пшеницей, В.Г. Кривобочек (2010) пришёл к выводу, что в процессе обоснования селекции на адаптивность необходимо выявить вклад генотипа и факторов внешней среды в формирование урожайности, оценить степень адаптивности районированных сортов, установить их реакцию на климатические условия среды. Всё это требует коррекции селекционных программ и концентрации внимания на устранении узких мест в селекционном процессе любой культуры.

Ряд авторов [Гончаренко А.А., 2005^А; 2005^В; Кононенко Л.А., 2010; Сюков В.В., 2015^А; Рыбась И.А., 2016] указывают, что оптимизация средовых условий возможна путем научно обоснованного агроэкологического районирования сортов. По мнению А.А. Гончаренко (2005^В), «...в решении проблемы экологической устойчивости важная роль должна отводиться и сортам агротехнологиям, задача которых состоит в максимально возможном удовлетворении специфических потребностей сорта». Дополнительные сведения о реакции сорта той или иной культуры на условия возделывания, полученные при выращивании его по разным технологиям, в разные годы, дают информацию, необходимую при формировании оптимальной сортовой структуры посевов [Кононенко Л.А., 2010]. В.И. Кирюшин (2007), А.В. Наумкин (2013) полагают, что важно и необходимо переходить на технологии возделывания культур дифференцированно в зависимости от складывающихся агроэкологических условий.

Таким образом, с целью реализации потенциала урожайности сорта сельскохозяйственной культуры необходимо иметь сведения о его реакции на те или иные средовые условия. Оценка генотипов по параметрам экологической адаптивности позволяет установить наиболее благоприятные зоны возделывания и подобрать для них оптимальные технологии.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКИ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты и методики исследований

Полевые опыты закладывались на опытном поле федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», производственные – в ООО «Хлебороб» (Ульяновская область, Ульяновский район).

Опыт 1. Сортимент озимой мягкой пшеницы Средневолжского региона (2011-2016 гг.). Материалом для исследований послужили 15 сортов озимой мягкой пшеницы, включённых в Госреестр по Средневолжскому региону (таблица 6).

Таблица 6 – Происхождение сортов озимой мягкой пшеницы, 2011-2016 гг.

Сорт	Место выведения	Сорт	Место выведения
Волжская К	ООО НПЦ «Селекция»	Казанская 285	ФИЦ КазНЦ
Волжская 16		Московская 39	ФИЦ «Немчиновка»
Волжская 100		Базальт	Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева
Волжская С ₃		Марафон	АНЦ «Донской»
Безенчукская 380	Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ	Мироновская 808	МИП им. В.Н. Ремесло (Украина)
Санта		Харьковская 92	ИР им. В.Я. Юрьева (Украина)
Светоч			
Ресурс	Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ, НЦЗ им. П.П. Лукьяненко		
Бирюза			

Посев сеялочный, норма высева – 5,5 млн всхожих семян на 1 га, предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 4,5 м², повторность 4-х кратная (рисунок 16).



Рисунок 16 – Общий вид сортоиспытания озимой мягкой пшеницы в 2014 г.

Стандартом послужил сорт Волжская К (качественная), принятый эталонным в годы проведения исследований в сортоиспытаниях Ульяновской области. Фенологические наблюдения, оценку урожайности и элементов её структуры, высоты растений, устойчивости к полеганию проводили согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1985; 1989). Оценка зимостойкости проводилась подсчётом числа сохранившихся растений [Коновалов Ю.Б., 2014].

Оценка показателей качества зерна пшеницы проводилась в лаборатории кафедры земледелия, растениеводства и селекции Ульяновского ГАУ по стандартизированным методикам: масса 1000 зёрен – ГОСТ 10842-89; натура зерна –

ГОСТ Р 54895-2012, ГОСТ 10840-2017; количество и качество клейковины – ГОСТ Р 54478-2011, ГОСТ 9353-2016; стекловидность – ГОСТ 10987-76.

Опыт 2. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья.

Материалом для проведения исследований послужили два набора сортообразцов озимой мягкой пшеницы (49 шт., 2011-2012 гг. и 53 шт., 2012-2013 гг.) различного эколого-географического происхождения (15 стран мира) из коллекции ФГБНУ «ФИЦ ВИР им. Н.И. Вавилова» (таблица 7, рисунок 17).

Таблица 7 – Происхождение сортообразцов озимой пшеницы, 2011-2013 гг.

Страна	2011-2012 гг.	Страна	2012-2013 гг.
Россия	1	Россия	23
Украина	24	Украина	8
Венгрия	2	Венгрия	1
Латвия	1	Латвия	3
Болгария	3	Эстония	2
Сербия	4	Англия	2
Германия	2	США	8
Китай	12	Япония	4
Молдавия	1	Перу	1
		Уругвай	1
Всего:	49	Всего:	53

Посев ручной. Размер делянки - 1 м². Норма высева – 50-60 зерен на погонный метр без повторности, предшественник – чистый пар. Стандарт – Волжская К. Размещение вариантов – систематическое. Оценка сортообразцов озимой пшеницы по комплексу хозяйственно-ценных показателей проведена с использованием методик ФГБНУ «ФИЦ ВИР им. Н.И. Вавилова» [Методические указания...1977; Пополнение...,1999]. Группа спелости пшениц определялась в соответствии с методикой Международного классификатора СЭВ рода *Triticum L.* [1984].



Рисунок 17 – Общий вид коллекционного питомника озимой пшеницы в 2012 г.

Опыт 3. Адаптивная система селекции озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области.

Селекционные исследования выполнены в период с 2010 по 2021 гг. Популяции для отбора создавались методом внутривидовой гибридизации (рисунок 18). Подбор родительских пар для скрещиваний осуществляли по результатам изучения сортифта озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника и сортоиспытаний, главным образом на основе оценки урожайности и принадлежности к эколого-географическим группам. В 2011 г. гибридизация была проведена по комбинациям: Волжская К / Марафон, Волжская 16 / Марафон, Волжская 100 / Марафон, Безенчукская 380 / Марафон, Санта / Марафон, Светоч / Марафон, Московская 39 / Марафон (рисунок 19).



Рисунок 18 – Питомник гибридизации в 2013 г.



Рисунок 19 – Гибридные популяции озимой мягкой пшеницы в 2014 г.

В 2013 г. комбинации скрещиваний были следующими – Волжская К / Кулундинка, Волжская К / Виктория 95, Волжская К / Поэма, Волжская К / Бийская озимая, в 2016 г. – Волжская К / Светоч.

Гибридизацию осуществляли путем механической кастрации цветков колоса, опыление – на 3-4 день после кастрации твел-методом. Гибридный материал в дальнейшем был подвергнут целенаправленному отбору и испытанию потомств по хозяйственно-ценным показателям в остальных звеньях селекционного процесса (рисунки 20, 21, 22). В таблице 8 представлена апробированная в работе схема селекционного процесса озимой мягкой пшеницы, методика закладки опытов по питомникам и сортоиспытаниям.

Таблица 8 – Схема селекционного процесса озимой мягкой пшеницы и элементы методики закладки опытов, 2010-2021 гг.

Звено селекционного процесса	Элемент методики опытов
Коллекционный питомник	Посев ручной, 50-60 зерен в рядок. Площадь делянки до 1 м ² , повторность во времени 2 года
Питомник гибридизации	Посев ручной, Площадь делянки до 1 м ² . Механическая кастрация, опыление твел-методом
Гибридный питомник F ₁	Ручной посев гибридных семян
Гибридные популяции F ₂ - F ₆	Площадь от 2 м ² до 50 м ² . Норма высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га (производственная).
Селекционный питомник (СП)	Площадь делянки – 0,45 м ² , без повторности. Посев (посадка) вручную. СП был заложен посевом семян (2014-2018 гг.), посадкой колосьев – с 2019 г.
Контрольный питомник (КП)	Площадь делянки – 4,5 м ² , без повторности. Посев сеялочный, сеялка ССФК 6-10. Норма высева производственная
Предварительное сортоиспытание (ПСИ)	Площадь делянки – 15 м ² , повторность – 4-х кратная. Посев сеялочный, сеялка ССФК 6-10. Норма высева производственная
Конкурсное сортоиспытание (КСИ)	Площадь делянки – 25 м ² , повторность – 4-5-и кратная. Посев сеялочный, сеялка ССФК 6-10. Норма высева – производственная
Размножение перспективных линий	Норма высева производственная



Рисунок 20 – Селекционный питомник озимой мягкой пшеницы в 2014 г.
(посев семян)



Рисунок 21 – Селекционный питомник озимой мягкой пшеницы в 2020 г.
(посадка колосьев)



Рисунок 22 – Контрольный питомник озимой мягкой пшеницы в 2020 г.



Рисунок 23 – Селекционные посевы озимой мягкой пшеницы в 2021 г.

Материалом для исследований послужили также результаты государственного сортоиспытания озимой мягкой пшеницы за 2016-2019 гг., предоставленные филиалом ФГБУ "Госсорткомиссия" по Ульяновской области.

Результаты исследований обработаны методами дисперсионного, вариационного и корреляционно-регрессионного анализов по алгоритмам, изложенным Б.А. Доспеховым (1985) с использованием компьютерной программы «Microsoft Office Excel 2007», а также селекционно-ориентированного пакета программ «AGROS», версия 2.09 [Мартынов С.П., 1999].

При оценке экологической адаптивности сортов и селекционных номеров проведен расчет различных её параметров. Пластичность и стабильность оценивались по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966), показатель реализации потенциала урожайности – по Э.Д. Неттевич (2001), гомеостатичность – по В.В. Хангильдину (1979), стрессоустойчивость – по А.А. Rossielle и J.Hemblin (1981), коэффициент адаптивности – по Л.А. Животкову (1994). Расчет возможных урожайностей озимой мягкой пшеницы по обеспеченности агроклиматическими ресурсами региона проведён по М.К. Каюмову (1989 1991). Экономическую и энергетическую оценку полученным результатам исследований проводили на основании технологических карт.

2.2 Условия проведения исследований

2.2.1 Природно-климатическая характеристика Ульяновской области

Территория Ульяновской области расположена в восточной части Русской платформы, охватывающей большую часть европейской территории Российской Федерации. Река Волга делит область на две части, резко отличающиеся по своему рельефу – на правобережную возвышенную и левобережную низменную (Заволжье). Правобережная часть области сильно расчлененна сравнительно густой сетью рек, оврагов и балок. Левобережная часть области относится к низменному Заволжью, которое представляет собой древнюю долину реки Волги, русло кото-

рой на протяжении длительного времени постоянно смещалось к западу, оставляя за собой равнинные пространства. [Агроклиматические ресурсы..., 1968; Немцев Н.С., 1990; Дозоров А.В., 2017].

С севера на юг Ульяновская область протянулась на 250 км, с запада на восток 290 км. На севере Ульяновская область граничит с Чувашией, на востоке – с Самарской областью и республикой Татарстан, на западе – с Мордовией и Пензенской областью, на юге – с Саратовской областью. Ульяновская область расположена в нескольких природных зонах. Так, северо-западная её часть находится в зоне смешанных широколиственных лесов, южные и юго-восточные ее районы – степные, а основная территория области располагается в природной зоне лесостепи.

Почвенный покров области неоднороден и объединяет 15 типов почв [Почвы Поволжья, 1974; Дозоров А.В., 2017]. Р.К. Ключкина (2013) сообщает, что в настоящее время удельный вес наиболее распространенных на территории области типов почв составляет: чернозёмные почвы – 64,2 %; серые лесные почвы – 22,8 %. Среди чернозёмов преобладают выщелоченные и типичные чернозёмы. Серые лесные почвы распространены главным образом в западных и юго-западных районах области. Почти 62,0 % этого типа почв представлены подтипом темно-серыми лесными почвами, которые по свойствам и своему естественному плодородию наиболее близки к чернозёмам. Дерново-карбонатные почвы занимают незначительную площадь в правобережной части Ульяновской области, а наиболее крупные их массивы встречаются в южных районах. Эти почвы богаты гумусом, но сильно щебенчатые и характеризуются неустойчивым водным режимом.

Климат формируется под влиянием ряда климатообразующих факторов, главными из которых являются солнечная радиация, атмосферная циркуляция и характер подстилающей поверхности. Характер климата в Ульяновской области умеренно-континентальный. Вследствие удаленности от морей и океанов на территории области наблюдается ослабление западного переноса воздушных масс и усиление континентальности климата [Агроклиматические ресурсы..., 1968]. Годовая амплитуда температуры наиболее теплого и наиболее холодного месяцев

(июля и января) достигает 30,4 °С (средняя температура января -9,8 °С, июля +20,6 °С) [Климатический монитор. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>].

Особенностью климата региона является короткая засушливая весна. Летняя погода устанавливается в середине мая. Летом осадки выпадают неравномерно в виде ливневых и кратковременных дождей. Осень в Ульяновской области, как правило, теплая. Снежный покров устанавливается в третьей декаде ноября. Средняя продолжительность зимнего периода – 145-150 дней. Зима характеризуется частыми перепадами температур, атлантические циклоны сменяются арктическими воздушными массами и наоборот [Переведенцев Ю.П., 2012; Немцев С.Н., 2021].

По совокупности почвенно-климатических и экономических особенностей область условно делят на четыре зоны (таблица 9) – Западная, Центральная, Заволжская и Южная [Захаров В.Г., 2012; Переведенцев Ю.П., 2012; Дозоров А.В., 2017; Захарова Н.Н., 2020].

Таблица 9 – Агроклиматическое деление Ульяновской области на зоны

Зоны	Районы	Зоны	Районы
Западная	Базарносызганский, Барышский, Вешкаймский, Инзенский, Карсунский, Сурский	Заволжская	Мелекесский, Новомалыклинский, Старомайнский, Чердаклинский
Центральная	Майнский, Сенгилеевский, Теренгульский, Цильнинский, Ульяновский	Южная	Кузоватовский, Новоспасский, Николаевский, Павловский, Радищевский, Старокулаткинский

Среднегодовая температура воздуха в Ульяновской области составляет 4,5 °С (таблица 10), с колебаниями, в зависимости от зоны от 4,1 °С (Западная зона) до 4,9 °С (Южная зона).

Таблица 10 – Зональные показатели климата в Ульяновской области, среднее за 1961-2010 гг. [по Ю.П. Переведенцеву и Р.Б. Шариповой, 2012]

Показатель	Среднее по области	Агроклиматические зоны			
		Западная	Центральная	Заволжская	Южная
Среднегодовая температура воздуха, °С	4,5	4,1	4,6	4,7	4,9
Годовая сумма осадков, мм	487	519	459	568	424
ГТК	0,9	1,02	0,86	0,82	0,81
Дата перехода среднесуточной температуры через +5 °С	14.04 и 15.10	14.04 и 15.10	13.04 и 15.10	13.04 и 16.10	14.04 и 15.10
Дата перехода среднесуточной температуры через +10 °С	27.04 и 27.09	27.04 и 25.09	27.04 и 27.09	29.04 и 28.09	26.04 и 28.09
Средняя температура зимы, °С	-10,0	-9,9	-10,3	-9,9	-10,0
Средняя температура весны, °С	5,1	4,9	4,9	5,3	5,4
Средняя температура лета, °С	18,2	17,1	18,5	18,9	19,0
Средняя температура осени, °С	4,7	4,4	4,6	5,1	5,0

Средняя температура зимы – -10,0 °С, весны 5,1 °С, лета 18,2 °С, осени 4,7 °С. Среднесезонные температуры имеют устойчивую тенденцию повышения. Во все месяцы года, за исключением мая, наблюдается повышение температуры воздуха за период 1961-2010 гг. на 0,90-4,73 °С. Переход среднесуточной температуры через +5 °С, с которым связано возобновление весенней вегетации озимых культур и подготовка к началу весенне-полевых работ, в различных зонах области приходится на 13-14 апреля. Прекращение осенней вегетации озимых по среднесезонным данным отмечается 15-16 октября. Рост, развитие растений полевых культур и уровень их урожайности в значительной степени зависит от суммы активных температур (выше +10 °С). Переход среднесуточной температуры через +10 °С происходит в зависимости от зоны области 26-29 апреля. Активная вегета-

ция растений полевых культур продолжается в среднем 151 день (в отдельные годы от 123 до 185 дней) и заканчивается 25-28 сентября [Переведенцев Ю.П., 2012]. Среднее значение суммы активных температур в области за период 1961-2010 гг. составляет 2457 °С. Имеется тенденция роста данного показателя на 4 °С в год, что может положительно сказаться на величине урожайности возделываемых культур.

Важной характеристикой климата для сельскохозяйственного производства являются атмосферные осадки. Среднегодовая сумма осадков в области составляет 487 мм. Зоны области существенно отличаются по количеству выпадающих осадков. Так, в Заволжской зоне в среднем за год выпадает 568 мм, тогда как в Южной зоне – 424 мм.

Как и по среднесуточной температуре воздуха, отмечается тенденция увеличения количества выпадающих осадков на территории области. Прирост суммы активных температур происходит быстрее, чем увеличение осадков, что приводит к усилению континентальности климата региона.

Для характеристики условий влагообеспеченности чаще других используют гидротермический коэффициент (ГТК), который определяется отношением суммы осадков (мм) за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°С к сумме температур за это же время, уменьшенной в 10 раз [Селянинов Г.Т., 1928]. ГТК <0,5 характеризует сильную засуху; ГТК = 0,5-0,7 – средне засушливые условия; ГТК = 0,7-1,0 – недостаточное увлажнение, ГТК = 1,0-1,3 – достаточное увлажнение; ГТК > 1,3 – избыточное увлажнение.

В весенне-летний период вегетации озимой пшеницы в Южной, Заволжской и Центральной зонах Ульяновской области ГТК находится в пределах 0,8-0,9, что свидетельствует о недостаточном увлажнении. В Западной зоне увлажнение приближается к нормальному – ГТК 1,0. Согласно исследованиям Ю.П. Переведенцева с соавторами (2012), на территории региона с вероятностью 36 % случаются засухи разной интенсивности, а с вероятностью 24 % имеет место недостаточное увлажнение. В связи с недостаточным и неустойчивым увлажнением регион относится к зоне рискованного земледелия.

2.2.2 Почвенные, агротехнические и погодные условия при проведении полевых исследований

Полевые исследования проводились на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, которое находится на территории Чердаклинского района Ульяновской области, относящегося к левобережному агропочвенному району, расположенному на надпойменной террасе р. Волга. Основными почвообразующими породами здесь являются древнеаллювиальные отложения в виде разнообразных суглинистых осадков. Рельеф землепользования – слабоволнистая равнина с высотой над уровнем моря 45-50 м, представленная комплексом древних (среднечетвертичных) террас долины р. Волга. Микро- и мезорельеф – линейные и блюдцеобразные понижения [Почвы Поволжья, 1974].

Почва опытного поля – чернозем выщелоченный, среднемощный, по гранулометрическому составу среднесуглинистый. Пахотный горизонт ($A_{\text{пах.}}$) до 25 см, темный, зернисто-пылевато-комковатый, среднесуглинистый. Агрохимическое обследование 2017 г. позволило установить, что он характеризуется следующими показателями: содержание гумуса 4,71 % (высокое), обеспеченность подвижным фосфором (P_2O_5) – 214 мг/кг (очень высокая), обменным калием (K_2O) – 133 мг/кг почвы (высокая). Реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (рН 6,3-6,7). Степень насыщенности основаниями – 94,2-98,2 %.

Подпахотный горизонт (A_1) 25-38 см, темный с сероватым оттенком, зернисто-комковатый, среднесуглинистый. Грунтовые воды располагаются на глубине 12-ти метров и не оказывают влияния на формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Водоносный слой находится на глубине 35-55 метров.

В целом, чернозём выщелоченный на опытном поле Ульяновского ГАУ характеризуется достаточно высоким уровнем плодородия и способен сформировать урожайность зерновых культур в отдельные годы более 5,0 т/га [Тойгильдин А.Л., 2020]. Однако наблюдается значительная неустойчивость урожайности зерновых и других культур, что, прежде всего, объясняется особенностями складывающихся гидротермических условий.

Полевые опыты закладывались по чистому пару. Посев проводился в рекомендованные сроки (25 августа-5 сентября) сеялкой ССФК 6-10 или вручную (в зависимости от опыта), производственные опыты – СЗП-3,6. После начала весеннего отрастания проводилась подкормка аммиачной селитрой 1,0 ц/га (34 кг д.в./га). В годы с сильным засорением посева озимой мягкой пшеницы обрабатывали гербицидами. Фунгицидная и инсектицидная обработки на селекционных посевах отсутствовали.

Уборку посевов осуществляли комбайном Terrion SR-2010. Микроделяночные опыты убирали вручную серпом с дальнейшим обмолотом снопов на сноповой молотилке МПСУ-500.

Для характеристики погодных условий в годы проведения исследований были использованы метеоданные (температура воздуха и количество осадков) по пункту г. Ульяновск в изложении сайта «Погода и климат» [Климатический монитор. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>].

Метеорологические условия за одиннадцатилетний период исследований (август 2010-август 2021 гг.) включали разнообразный спектр лимитирующих факторов среды (приложения 1, 2), характерных для Ульяновской области, что позволило дать всестороннюю оценку изучаемому материалу.

Время возобновления весенней вегетации (ВВВ) озимой мягкой пшеницы (переход среднесуточной температуры через +5 °С) за годы проведения исследований варьировало от 2 апреля (2013 г.) до 22 апреля (2011 г.). Разница составляет 20 дней при средней дате 10 апреля.

Самое раннее окончание времени осенней вегетации озимой мягкой пшеницы (переход среднесуточной температуры через 5°С) отмечено в 2013 г. (30 сентября), самое позднее – в 2019 г. (29 октября). Различия составляют 29 дней при средней дате прекращения осенней вегетации озимых 16-17 октября. Исследование температурного режима весенне-летних периодов вегетаций озимой пшеницы с использованием показателя «сумма эффективных температур» (Σ эфф. t выше 5°С), показало, что они различались по теплообеспеченности (таблица 11).

Таблица 11 – Характеристика метеорологических условий весенне-летнего периода вегетации озимой мягкой пшеницы (апрель, со времени ВВВ озимых - июль), 2011-2021 гг.

Прохладный Σ эфф. t выше 5°C < 1750°C					Умеренно теплый Σ эфф. t выше 5°C = 1751...1850°C					Теплый Σ эфф. t выше 5°C > 1851°C				
ГТК > 1,3	ГТК = 1-1,3	ГТК = 0,7-1,0	ГТК = 0,5-0,7	ГТК < 0,5	ГТК > 1,3	ГТК = 1-1,3	ГТК = 0,7-1,0	ГТК = 0,5-0,7	ГТК < 0,5	ГТК > 1,3	ГТК = 1-1,3	ГТК = 0,7-1,0	ГТК = 0,5-0,7	ГТК < 0,5
2011	-	2020	-	-	-	2015	2018	2014	-	2016	-	2012	2021	-
2017								2019				2013		

Так, 2011, 2017, 2020 гг. исследований (3 года, или 27,3 % от общего числа исследуемых лет) были прохладными, 2014, 2015, 2018, 2019 гг. (4 года, или 36,4 %) – умеренно-теплыми, 2012, 2013, 2016, 2021 гг. (4 года или 36,4 %) – теплыми.

Избыточное увлажнение (ГТК>1,3) в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы наблюдалось в 2011, 2016, 2017 гг. (3 года, или 27,3 % от общего числа лет исследований), достаточное увлажнение (ГТК = 1,0-1,3) – в 2015 г. (1 год, или 9,0 %), недостаточное увлажнение (ГТК = 0,7-1,0) – 2012, 2013, 2018, 2020 гг. (4 года, или 36,4 %), средне засушливые условия (ГТК = 0,5-0,7) – 2014, 2019, 2021 гг. (3 года, или 27,3 %).

Недостаточное увлажнение и засушливые условия (ГТК 0,06-0,78) в предпосевной, посевной и послеуборочный периоды озимой пшеницы (август-сентябрь) наблюдались в 2014, 2015, 2018 гг. исследований, влажные условия – (ГТК >1,3) – в 2012, 2013, 2019 гг. В остальные годы исследований анализируемый период характеризовался неустойчивым увлажнением.

Предпосевной период в 2010 г. характеризовался недостаточным увлажнением. Результатом резкого перепада температур в конце ноября явилась притертая ледяная корка. Снежный покров на озимых культурах был достаточным для их хорошей перезимовки. Весной 2011 г. снег сходил долго. Весенне-летний период оказался влажным, что положительно сказалось на уровне урожайности

исследуемой культуры.

Температурный режим в осенний период вегетации озимой пшеницы в 2011 г. соответствовал среднемноголетней норме. Условия увлажнения были также благоприятными. Причиной незначительных повреждений растений в зимний период 2011/2012 гг. было выпревание. После возобновления весенней вегетации теплая засушливая погода способствовала повреждению озимой пшеницы злаковыми мухами, что вызвало образование дополнительных побегов – подгона и, как следствие, явилось определяющим фактором формирования низкой урожайности.

Осень в 2012 г. отмечалась теплой и затяжной. Создались не лучшие условия для перезимовки растений озимых культур, так как они переросли. Весной было отмечено их сильное выпревание. Частые засухи, характерные для поволжского региона были зафиксированы и в весенний, и в летний периоды вегетации озимой пшеницы 2013 г. Неравномерное и недостаточное увлажнение в весенне-летнюю вегетацию культуры, а также высокая температура воздуха в периоды колошения и цветения растений пшеницы также не способствовали реализации высокой урожайности исследуемой культуры.

Предпосевной, довсходовый и послевсходовые периоды озимой пшеницы в 2013 г. были относительно благоприятными по условиям увлажнения и температурному режиму. Растения ушли в зиму раскустившиеся, не переросшие. Зимой имели место низкие отрицательные температуры, но высота снежного покрова была достаточной для хорошей перезимовки. Весной 2014 г. отмечено небольшое выпревание у отдельных сортов. В весенне-летний период вегетации культуры зафиксировано недостаточное и неустойчивое увлажнение, а высота растений озимой пшеницы была выше предыдущих 2-х лет. Это было связано с хорошими запасами влаги, оставшимися после таяния снега. Ливневые дожди в середине июня привели к сильному полеганию отдельных сортов, что явилось следствием слабого развития узловых корней из-за сухости верхнего слоя почвы.

В осенний этап вегетации озимой пшеницы в 2014 г. наблюдалось недостаточное увлажнение. Условия зимнего периода благоприятствовали хорошей перезимовке всех озимых культур. Засушливые условия поздневесеннего и раннелет-

него периода вегетации (май, июнь) в 2015 г. негативно сказались на реализации урожайного потенциала исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы.

В предпосевном, довсходовом и послевсходовом периоде (август-сентябрь) озимой пшеницы 2015 г. условия увлажнения были недостаточными. Октябрьский период вегетации культуры проходил при хорошем увлажнении. Затяжная осень привела к тому, что растения озимой пшеницы ушли в зиму переросшие, многие из них – в фазе выхода в трубку. Зимой непродолжительное время отмечались морозы, но высота снежного покрова была достаточной для хорошей перезимовки. Отсутствовало даже выпревание при явно переросших с осени озимых. В весенний и летний периоды вегетации 2016 г. осадков выпало больше среднеголетних норм. Высота растений озимой пшеницы была больше данного показателя в предыдущие годы исследований. Наблюдалось полегание из-за дождей ливневого характера.

Осенний этап периода вегетации исследуемой культуры в 2016 г. протекал в условиях хорошего увлажнения – осадков в сентябре выпало почти в 3 раза больше нормы. В зимний период погодные условия складывались относительно благоприятно и способствовали хорошей перезимовке. Запасы влаги, оставшиеся после таяния снега, и хорошее увлажнение в весенне-летний период вегетации 2017 г. привели к высокорослости растений пшеницы и их сильному полеганию. Температура воздуха почти на всем протяжении весенне-летнего периода вегетации культуры была ниже нормы, что привело к её затягиванию в среднем на 2 недели. В таких условиях даже при сильной полеглости посевов озимой пшеницы происходила хорошая реализация её урожайных возможностей.

В предпосевном, довсходовом и послевсходовом периоде вегетации озимой пшеницы 2017 г. условия увлажнения и режим температуры были относительно благоприятными. Растения озимой пшеницы ушли в зиму хорошо развитыми и немного переросшими. Причиной повреждений растений озимой пшеницы в зимний период, как и в большинстве ранее проведенных лет исследований, было небольшое выпревание. В весенне-летний период вегетации 2018 г. испытывался дефицит влаги, что не позволило достичь уровня урожайности озимой пшеницы предыдущего года.

Дефицит осадков в предпосевной и посевной периоды 2018 г. (август–

сентябрь) привёл к тому, что всходы озимой пшеницы появились через 3-4 недели после посева и характеризовались как «рваные». В дальнейшем выпавшие осадки позволили раскуститься растениям озимой пшеницы, но далеко не всем из-за недружности всходов. По температурному режиму зима характеризовалась как мягкая, сильных продолжительных морозов не наблюдалось. Особенностью зимнего периода также была большая высота снежного покрова. Весна 2019 г. была ранней, физическая спелость почвы наступила на неделю раньше оптимальных сроков сева ранних яровых хлебов (18 апреля). Весной озимые культуры пережили стресс – 11-12 апреля температура воздуха поднималась до +20 °С, а через 3 дня ночью опускалась до -10 °С. Весной было засушливо – после таяния снега до 1 мая осадков почти не было. Недостаточным увлажнение было и в июньский месяц вегетации.

Осенний период вегетации озимой пшеницы 2019 г. проходил в благоприятных погодных условиях. Растения озимой пшеницы ушли в зиму хорошо раскустившимися. Зимний период также протекал без климатических стрессов. Сортовой дифференциации озимой мягкой пшеницы по перезимовке 2019/2020 гг. не было – 5 баллов. Хорошее осеннее и весеннее кущение способствовало высокой плотности стеблестоя культуры. Сильное полегание посевов озимой пшеницы в первой половине июня было вызвано также и высокорослостью растений, и дождями ливневого характера в сочетании со шквалистыми ветрами. Сложившиеся таким образом погодные условия даже при сильной полеглости озимой пшеницы способствовали формированию наивысшей урожайности культуры среди других лет исследований.

Осенний период вегетации в 2020 г. в целом был относительно благоприятным с точки зрения подготовки растений озимой мягкой пшеницы к зимнему периоду. Дефицит влаги испытывался лишь в конце этого периода. Небольшое выпревание отмечалось весной по итогам перезимовки. Дефицит влаги весной и летом 2021 г. сказался отрицательно на урожайности исследуемой культуры.

Таким образом, разнообразно складывавшиеся в годы проведения исследований погодные условия в сочетании с почвенными и агротехническими условиями благоприятствовали изучению в полевых опытах адаптивных возможностей сортов и селекционных линий озимой пшеницы.

3 ДИНАМИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЕКЦИЮ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

3.1 Динамика агроклиматических ресурсов

Высокая зависимость растениеводства от климатических стрессов приводит к отрицательным последствиям во всей цепи межотраслевых и межрегиональных связей агропромышленного комплекса, значительно усугубляя проблему ритмичного снабжения населения продуктами питания, а промышленности – сырьем [Наумкин А.В., 2013; Иванова А.А., 2019; Положихина М.А., 2021].

Связь климатических условий территории с потребностями различных сельскохозяйственных культур, в том числе озимой мягкой пшеницы, должна учитываться при разработке агротехнических мероприятий, направленных на более полное их использование при формировании урожая [Белолобцев А.И., 2012; Алимов К.Г., 2020]. А.А. Жученко (2004) отмечает, что несмотря на определенное совершенствование технологии возделывания озимой пшеницы, климатическая составляющая изменчивости её урожайности остаётся значительной и варьирует в зависимости от региона выращивания от 30 до 60 %.

Озимая мягкая пшеница является ведущей, экономически значимой культурой в Ульяновской области. В 2020, 2021 гг. площади её посева составляли более $\frac{1}{4}$ всей посевной площади региона – 286,3 и 289,6 тыс. га соответственно [Ульяновскстат. URL: <https://uln.gks.ru/>]. При этом валовые сборы зерна озимой пшеницы при почти одинаковой посевной площади существенно различались – 1,168 и 0,588 млн т соответственно, что свидетельствует о значительном влиянии погодного фактора. Таким образом, в отдельные годы климатическая составляющая в продуктивности культуры в регионе может достигать 50 %.

Важным звеном в агротехнике любой культуры является сорт растений, реализация генетического потенциала урожайности которого также в значи-

тельной степени обусловлена складывающимися погодными условиями [Грабовец А.И., 2015; Немцев С.Н., 2020; Павлова В.Н., 2021]. Оценка имеющихся биоклиматических ресурсов той или иной территории и их динамики позволяет определить, какие подходы (агротехнические, селекционные) могут повысить их эффективное использование.

Для оценки агроклиматических ресурсов Ульяновской области был проведен анализ временных рядов основных погодных факторов – средней температуры воздуха и количества осадков за период вегетации озимой мягкой пшеницы в целом, отдельных его этапов, а также, также за холодный период года (приложения 1, 2). Для всех рядов данных приведены линейные тренды.

Анализ изменений исследуемых показателей климата свидетельствует о том, что в Ульяновской области наблюдается устойчивый рост среднегодовой температуры за весь период выращивания озимой пшеницы на $0,0445$ °C в год ($R^2 = 0,1427$). За 30-и летний период прирост температуры составил $1,34$ °C (рисунок 24). Изменение суммы осадков не имело четко выраженной тенденции ($R^2 = 0,0429$). Успешное возделывание исследуемой культуры зависит от сочетания внешних факторов как теплого, так и холодного периодов года. Особую важность для роста и развития растений озимой пшеницы представляют при этом предпосевной период и период осенней вегетации культуры. Появление своевременных и дружных всходов озимой пшеницы является залогом хорошей её перезимовки и высоких урожаев. Зимостойкость культуры и её урожайность также в значительной степени зависят от этапа осеннего кушения. Многие авторы [Курдюков Ю.Ф., 2008; Белолобцев А.И., 2012; Ермошкина Н.Н.; 2021] считают, что ко времени окончания осенней вегетации растения озимой пшеницы должны сформировать 3-4 побега кушения.

Согласно временным рядам, увлажнённость предпосевного периода (ГТК август), в целом за 30-и летний отрезок времени не претерпел изменений (рисунок 25). Увлажнённость сентября имеет тенденцию увеличения. Варьирование увлажнённости месяцев августа и сентября статистически не значимы – $R^2 = 0,0002$ и $R^2 = 0,014$ соответственно.

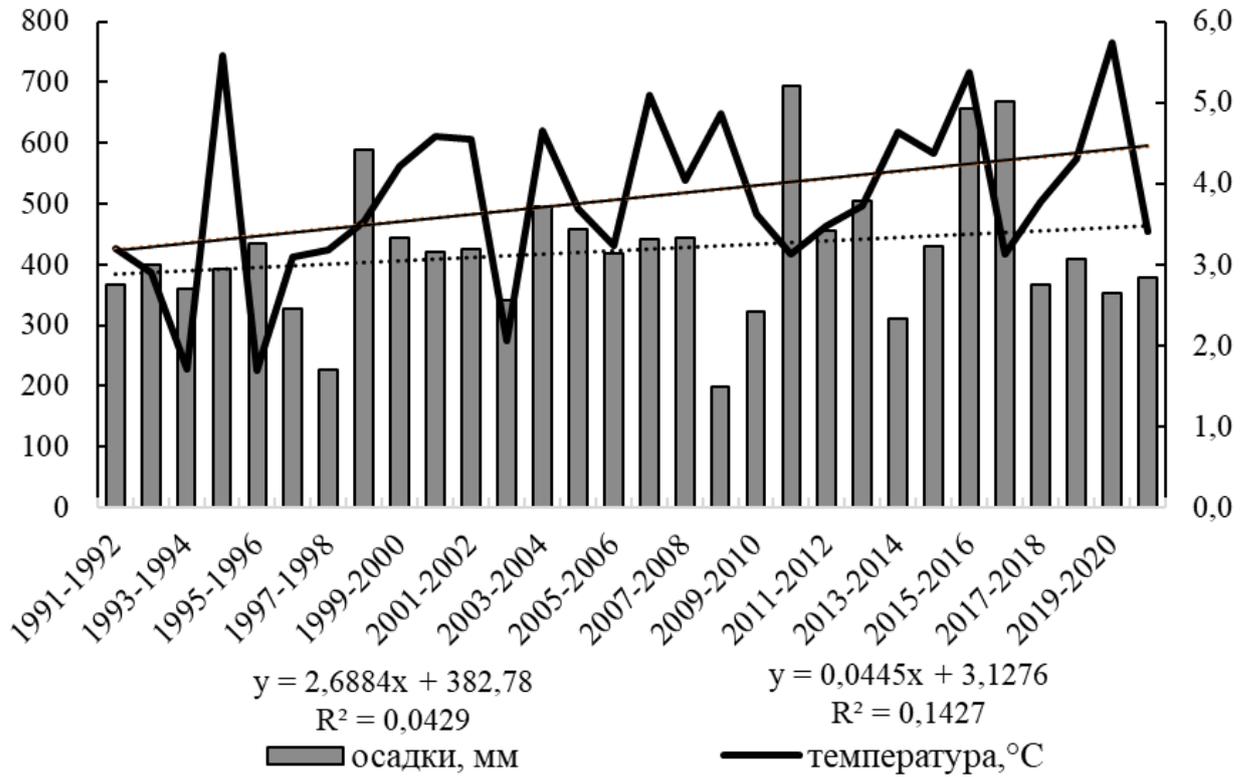


Рисунок 24 – Динамика температуры воздуха (°C) и осадков (мм) за период посев-уборка озимой пшеницы, 1992-2021 гг.

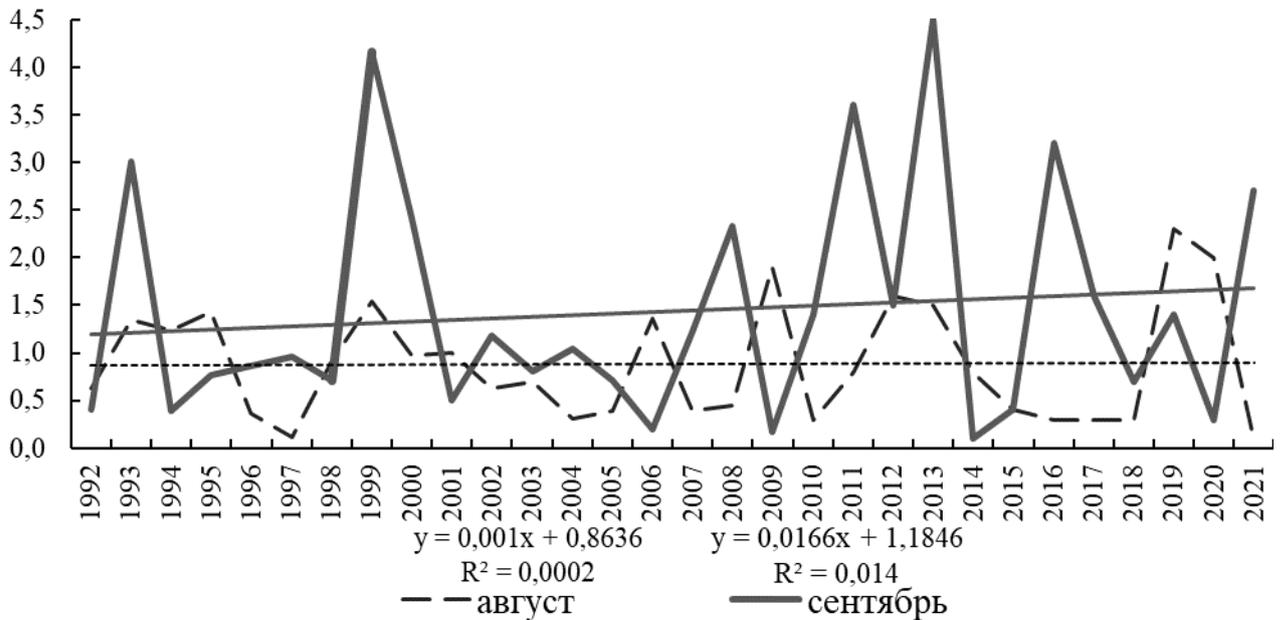


Рисунок 25 – Динамика ГТК август-сентябрь в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

Также статистически не значимыми являются тенденции увеличения температуры воздуха и осадков за весь осенний период вегетации озимой пшеницы – сентябрь и октябрь, $R^2 = 0,0744$ и $R^2 = 0,0102$ соответственно (рисунок 26).

Особенностью предпосевного периода озимой пшеницы (август) и послепосевного (сентябрь-октябрь) является очень высокая вариабельность количества осадков – $V = 66,0$ и $51,9$ % соответственно (таблица 12).

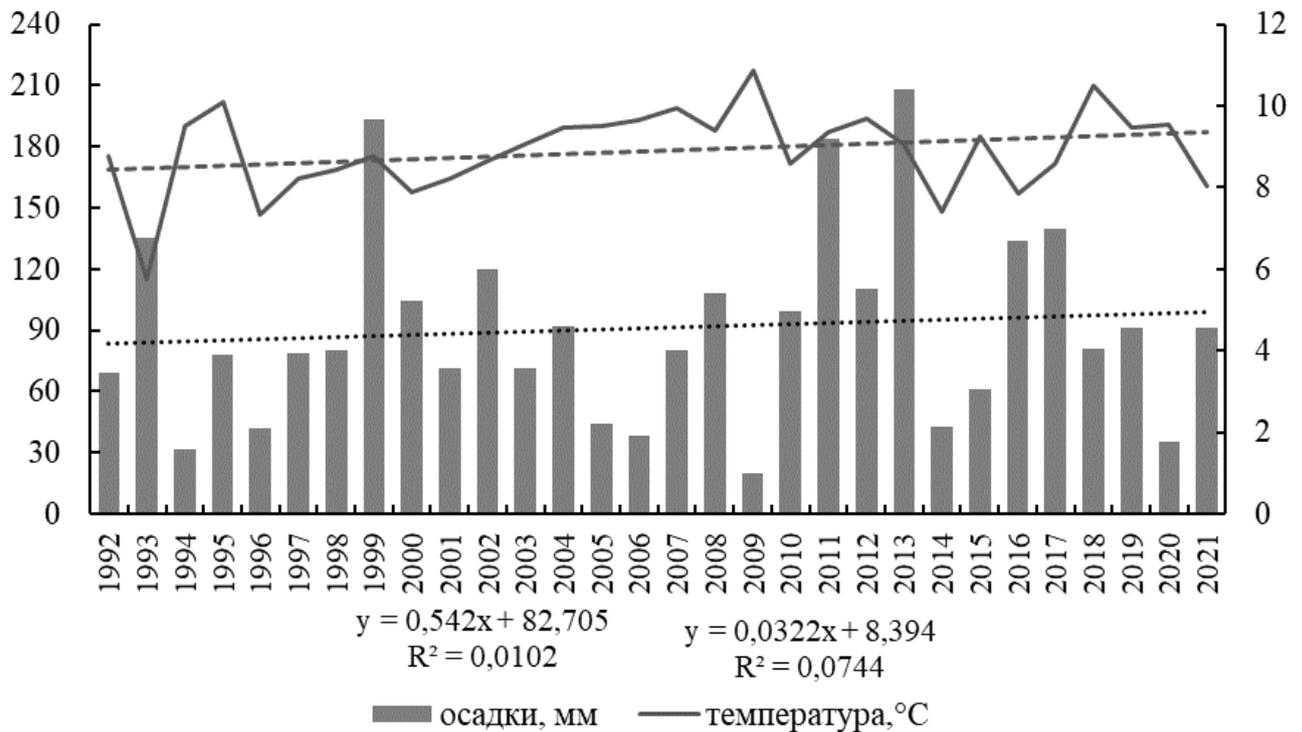


Рисунок 26 – Динамика температуры воздуха и осадков в осенний период вегетации озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

В условиях Ульяновской области нет гарантированности в ежегодном получении своевременных и дружных всходов озимой пшеницы. Зачастую растения не могут хорошо развиваться, подготовиться к зимнему периоду и реализовать продукционные возможности. Согласно данным ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии, в годы с засушливой осенью за счет пониженной полноты всходов и отсутствию или слабого кущения растений, независимо от последующих условий увлажнения весной и летом урожайность озимой пшеницы на 40 %

Таблица 12 – Метеорологические факторы и их вариабельность в условиях Ульяновской области при возделывании озимой мягкой пшеницы, 1992-2021 гг.

Период вегетации	Среднее значение за период	Среднее многолетнее значение	Лимиты	Годы с лимитирующими показателями	V, %
Осадки, мм					
Август	48,8	50	6...114	1997...2019	66,0
Осенний период вегетации (сентябрь-октябрь)	91	84	20...208	2009...2013	51,9
Холодный период года (ноябрь-март)	151	153	78...257	2008/2009...2015/2016	27,6
Весенне-летний период вегетации (апрель-июль)	182	161	48...363	1998...2017	36,9
Полевой период в целом	424	398	199...695	2008/2009...2010/2011	26,9
Температура, °С					
Август	18,5	18,5	15,7...23,1	1994...2010	10,9
Осенний период вегетации	8,9	9,0	5,8...10,9	1993...2009	11,7
Холодный период года	-6,9	-6,8	-2,2...-12,7	2019/2020...1995/1996	32,0
Весенне-летний период вегетации	14,7	14,9	12,7...17,5	1994...2010	7,8
Полевой период в целом	3,82	3,85	1,7...5,7	1993/1994, 1995/1996...2019/2020	27,2

ниже, чем в годы с влажной осенью [Рекомендации по учету гидрометеорологической информации... 1989].

Исследованиями О.В. Березы (2018) показано, что в большинстве озимосеющих регионов России также наблюдается увеличение повторяемости сильных засух в период сева и начала осенней вегетации озимых культур, что негативно сказывается на их состоянии ко времени прекращения вегетации.

Варьирование температуры воздуха в осенний период вегетации озимой

пшеницы в условиях Ульяновской области по годам исследовании менее значительно – $V = 11,7\%$ (таблица 12).

Важное значение в продукционном процессе озимой пшеницы имеют также метеорологические условия холодного периода года [Белолубцев А.И., 2012]. Результаты оценки гидротермических условий Ульяновской области в холодный период года (ноябрь-март) показали, что количество осадков увеличивается на 1,69 мм в год (рисунок 27).

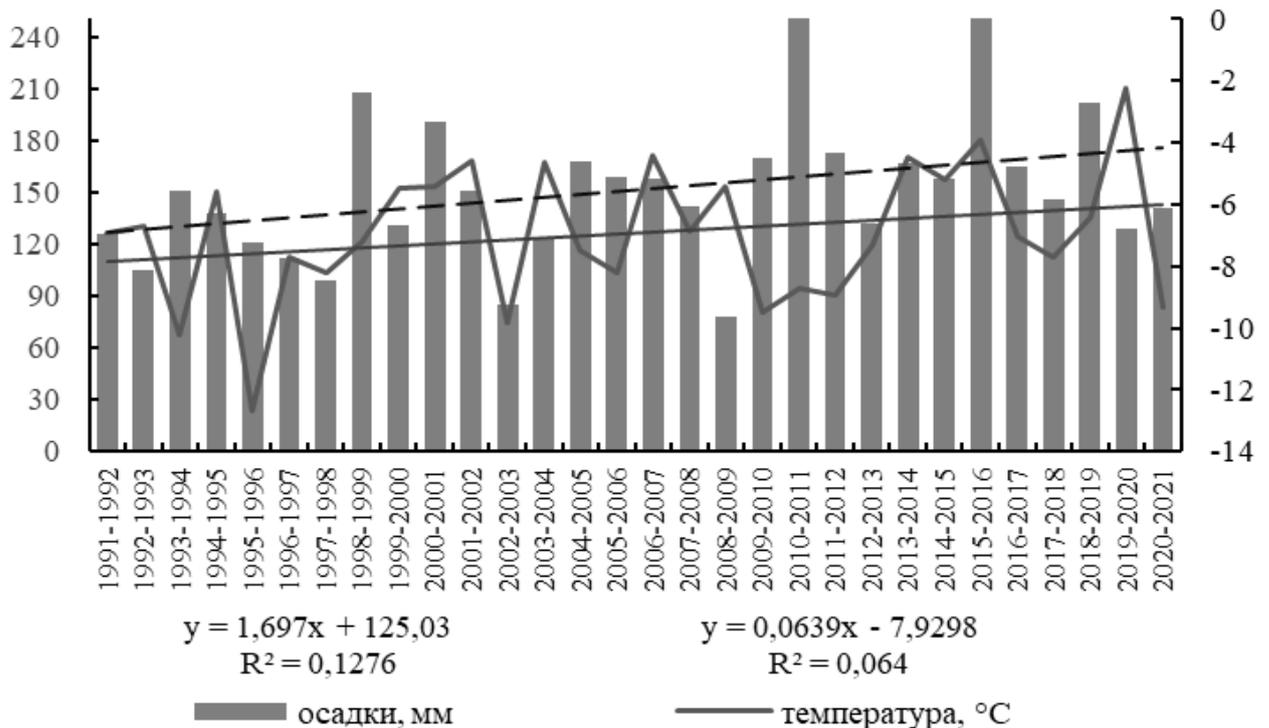


Рисунок 27 – Динамика температуры и осадков в холодный период года (ноябрь-март) в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

За 30-и летний период исследований их увеличение составило 50,7 мм. Эта тенденция статистически доказана – $R^2 = 0,1276$. Также можно наблюдать динамику увеличения температуры воздуха на 0,06 °C в год, за весь анализируемый период исследований – на 1,8 °C. При этом тенденция увеличения температуры воздуха в холодный период года статистически не подтверждена – $R^2 = 0,064$.

И температура воздуха, и осадки показали сильную вариабельностью по годам исследований – $V = 32,0$ и $27,6\%$ соответственно (см. таблицу 12). Устойчивое

увеличение количества осадков в холодный период года, тенденция его потепления, контрастность температурного режима и режима осадков существенно изменили условия перезимовки озимых культур. Так, исследованиями Н.Н. Захаровой с соавторами (2019) установлено, что наиболее часто встречающиеся в последние годы неблагоприятные факторы зимнего периода в условиях Ульяновской области – выпревание, оттепели, ледяная корка, резкие перепады температур.

Даже при оптимальном сочетании элементов погоды в последующий весенне-летний период продуктивность растений культуры из-за неблагоприятной перезимовки, как правило, значительно снижается. Поэтому тенденции изменения погодных условий зимнего периода необходимо учитывать, как при разработке агротехнических мероприятий, так и при постановке селекционных задач. В современных условиях ценность представляют не только морозостойкие сорта озимой пшеницы, но и сорта, экономно расходующие в зимний период накопленные в ходе осеннего закаливания запасные вещества, а также сорта пшеницы, способные переносить стрессовые факторы зимы в состоянии глубокого покоя. Важное значение при этом имеют также сорта озимой мягкой пшеницы, обладающие высокими регенерационными свойствами.

Согласно временным рядам, весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы период стал теплее на $1,42\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 30-летний период (рисунок 28).

Увеличение составило $0,047\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год, что при $R^2 = 0,1315$ является статистически достоверным. Особенно сильным приростом температуры характеризуется майский период вегетации исследуемой культуры – на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в год. За весь период исследований месяц май стал теплее на $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что также является статистически доказанным ($R^2 = 0,1604$).

Вариационный анализ показал слабую изменчивость температуры воздуха в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы – $V = 7,8\text{ }%$ и сильную изменчивость количества осадков – $V = 36,9\text{ }%$ (см. таблицу 12).

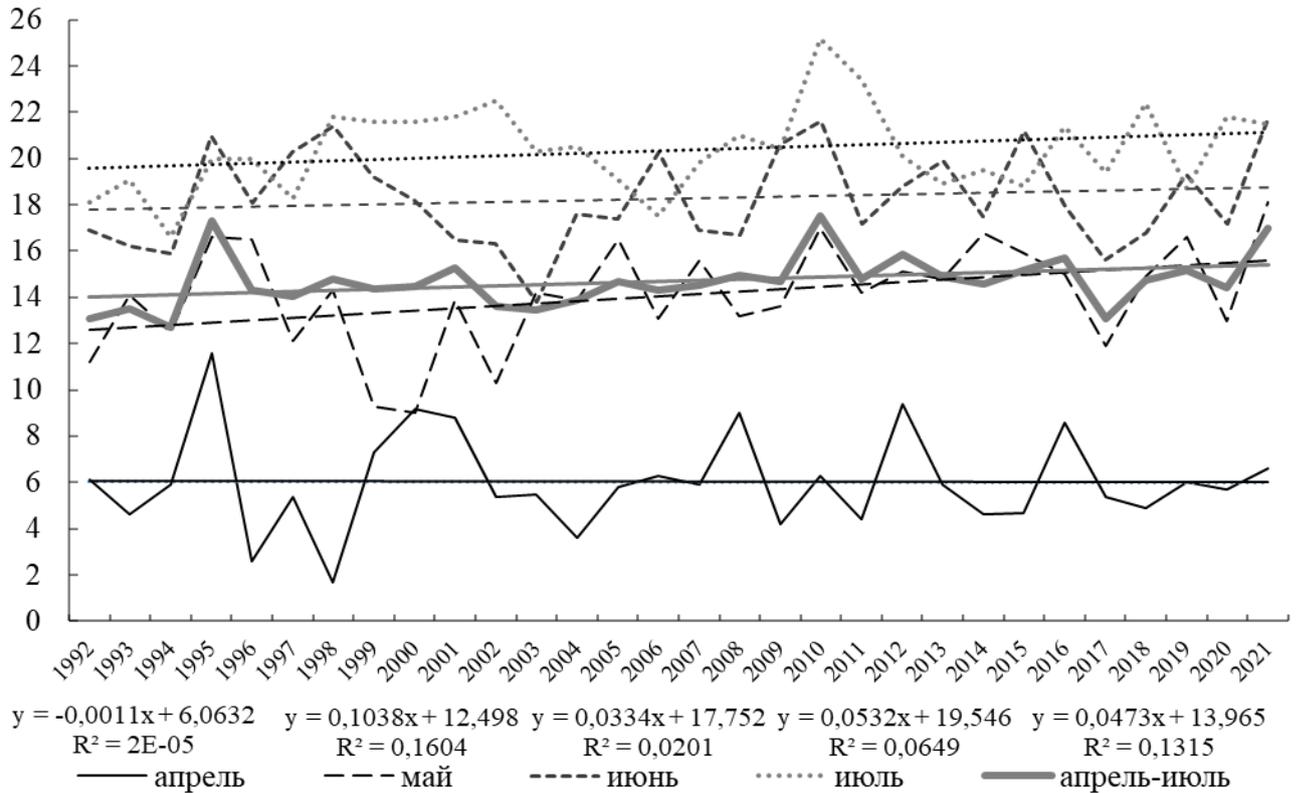


Рисунок 28 – Динамика температуры воздуха в весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

В проведённых исследованиях сильная вариабельность осадков, как было указано выше, выявлена и на других этапах выращивания озимой пшеницы. Можно считать, что в условиях Ульяновской области осадки являются самым изменчивым элементом климата.

Динамику увлажнённости весенне-летнего периода вегетации озимой мягкой пшеницы (май-июль) оценивали по ГТК, учитывающего и температуру, и осадки (рисунок 29). Установлено, что за анализируемый 30-и летний период наблюдается тенденция снижения увлажнённости этого отрезка вегетационного периода культуры (уравнение регрессии $y = -0,0062x + 1,084$, $R^2 = 0,016$).

А.В. Ивойлов и Т.Н. Чернышёва (2015) отмечают, что увлажнение всего весенне-летнего периода вегетации недостаточно чётко определяет уровень урожайности зерна озимой пшеницы из-за крайне неравномерного выпадения осадков.

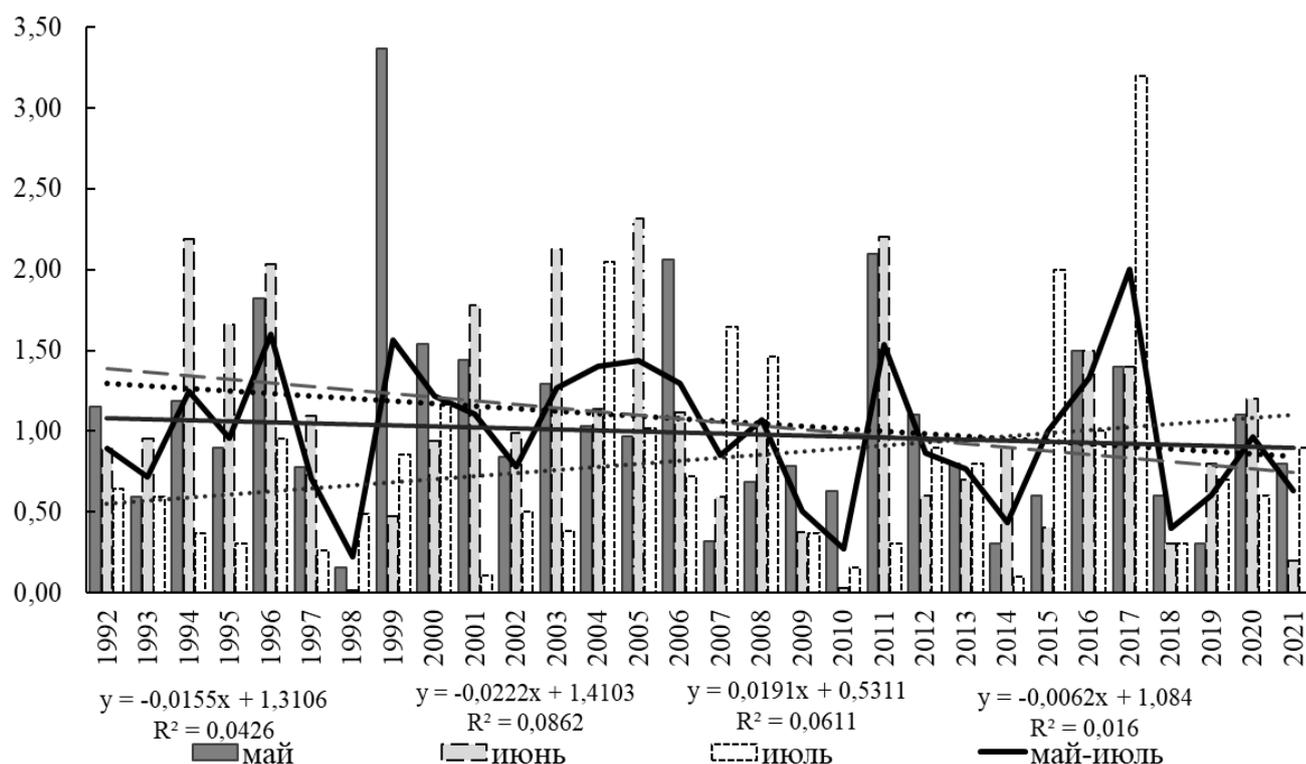


Рисунок 29 – Динамика ГТК в весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

Некоторые авторы [Жученко А.А., 2004; Ивойлов А.В., 2015] критическим для озимых культур, в том числе для озимой пшеницы по увлажнённости считают месяц май, так как именно в майский период вегетации протекают IV-VII этапы органогенеза [Куперман Ф.М., 1977]. В это время формируется колос, происходит интенсивный рост растений озимой пшеницы, её корневой системы, развивается наибольшая вегетативная масса растений.

Согласно проведённым нами исследованиям, в майский этап весенне-летнего периода вегетации озимой мягкой пшеницы в условиях Ульяновской области наблюдается динамика снижения увлажнённости (уравнение регрессии $y = -0,0155x + 1,3106$). Отрицательная динамика увлажнённости отмечается также в июньский этап (уравнение регрессии $y = -0,0222x + 1,4103$), что в целом негативно сказывается на продукционном процессе исследуемой культуры. В заключительный месяц вегетации озимой пшеницы (июль) можно проследить тенденцию увеличения увлажнённости (уравнение регрессии $y = 0,0191x + 0,5311$). Однако, до-

стоверность установленных тенденций изменения ГТК для всего весенне-летнего периода вегетации озимой мягкой пшеницы и отдельных её месяцев статистически не подтверждена ($R^2 < 0,12$).

Таким образом, к доказанным территориальным особенностям изменения климата в Ульяновской области следует отнести:

- устойчивый рост средней температуры воздуха за весь период выращивания озимой мягкой пшеницы на 0,0445 °С в год или на 1,34 °С за 30 лет;

- увеличение температуры воздуха в целом за весенне-летний период вегетации озимой пшеницы на 0,0473 °С в год или на 1,42 °С за 30 лет;

- увеличение температуры воздуха в майский этап весенне-летнего периода вегетации озимой пшеницы на 0,1 °С в год или на 3,1 °С за весь период исследований;

- устойчивое увеличение количества осадков в холодный период года (ноябрь-март) на 1,69 мм в год, или на 50,7 мм за 30 лет.

Для всех этапов выращивания озимой пшеницы, а также для предпосевного периода характерна контрастность осадков ($V = 27,6-66,0 \%$). Сильной вариабельностью температуры воздуха характеризуется холодный период года ($V = 32,0 \%$). Вклад погодных факторов в валовые сборы зерна озимой мягкой пшеницы в регионе в отдельные годы может достигать 50 % и более.

3.2 Теоретическое обоснование потенциальной урожайности озимой мягкой пшеницы по обеспеченности Ульяновской области агроклиматическими ресурсами

При планировании селекционных программ, как и при разработке новых агротехнических приемов или их совершенствовании, необходимо знать уровень урожайности культуры, на который необходимо ориентироваться при постановке задач [Малыгина Н.С., 2016; Радченко Л.А., 2016; Прядкина Г.А., 2018; Захаров Н.Г., 2020].

Потенциальная урожайность – урожайность, которая может быть получена в

идеальных почвенно-климатических и агротехнических условиях выращивания, зависящая только от прихода фотосинтетической активной радиации (ФАР) и биологических особенностей культуры и сорта [Каличкин В.К., 2009; Кабашникова Л.Ф., 2011; Пономарев С.Н., 2013; Ганусевич Ф.Ф., 2019]. Действительно возможная урожайность (ДВУ) – это максимальная урожайность культуры, которую можно реально получить в конкретных условиях среды в связи со сложившимися тепловыми ресурсами, влагообеспеченностью, плодородием почвы, системой удобрения и другими факторами [Каюмов М.К., 1989; Пономарев С.Н., 2013; Ганусевич Ф.Ф., 2019].

Ульяновская область располагает значительными радиационными ресурсами – суммарная солнечная радиация составляет около 60 млн МДж/га в год [СНиП 23-01-99. URL: <http://tehtab.ru/>]. Основоположник учения о фотосинтезе К.А. Тимирязев (1949) считал, что «...предел плодородия земли определяется не количеством удобрений, которое мы можем ей доставить, не количеством поданной влаги, а количеством световой энергии, посылаемой солнцем на данную поверхность».

Сухая биомасса растений на 90-95 % состоит из органического вещества, которое образуется в процессе фотосинтеза, поэтому в формировании урожая фотосинтезу принадлежит ведущая роль [Кшникаткин С.А., 2015]. В зависимости от высоты солнца и прозрачности атмосферы доля ФАР (длина волн 380-710 нм) в суммарной солнечной радиации может меняться и в среднем составлять 0,48 [Шульгин И.А., 2004; 2015]. По А.А. Ничипоровичу (1969), значения коэффициентов полезного действия (КПД) ФАР составляют: для посевов средней продуктивности 1-3 %, хорошей – 3-4 %, очень хорошей – 4-5 % и выше. В.В. Кузнецов и Г.А. Дмитриева (2006) считают, что «...в оптимальных условиях выращивания высокопродуктивные культуры работают на запасание в конечной биомассе за весь период их вегетации (от всходов до уборки урожая) с КПД ФАР около 3-5 %».

Потенциальные возможности формирования урожайности ($ПУ_{биол.}$) озимой мягкой пшеницы в регионе по приходу ФАР рассчитывали по формуле, предложенной М.К. Каюмовым (1989):

$$ПУ_{биол.} = \sum Q \times \eta / 100 \times q,$$

где $\sum Q$ – приход ФАР в ккал/га за период вегетации, η – КПД ФАР, %, q – калорийность 1 кг биомассы.

Вегетационный период озимой мягкой пшеницы, в который происходит аккумуляция и активное накопление биомассы, охватывает промежуток года с момента появления всходов до уборки, за исключением периода, когда среднесуточная температура воздуха оказывается ниже +5 °С. При посеве 25 августа-5 сентября (рекомендованные в регионе сроки) и уборке в конце июля приход ФАР за период вегетации исследуемой культуры составит 135 кДж/см² или 32,05 × 10⁸ ккал/га. В Среднем Поволжье коэффициент использования ФАР посевами сельскохозяйственных культур в большинстве случаев не превышает 2 % [Вьюшков А.А., 2008; Тойгильдин А.Л., 2020]. Калорийность 1 кг биомассы (теплотворная способность 1 кг сухого вещества) озимой мягкой пшеницы составляет 4500 ккал.

$$ПУ_{биол.} = 32,05 \times 10^8 \times 2 / 100 \times 4500 = 14,24 \text{ т/га}$$

В пересчете на стандартную влажность ($W_{ст}$) и с учетом коэффициента хозяйственной эффективности урожая ($K_{хоз} = 0,4$) потенциальная урожайность зерна озимой пшеницы ($ПУ_{хоз}$) по приходу ФАР (КПД ФАР 2 %) составит 6,62 т/га:

$$ПУ_{хоз} = \frac{ПУ_{биол.} \times 100}{(100 - W_{ст})} \times 0,4 = \frac{142,4 \cdot 100}{(100 - 14)} \times 0,4 = 6,62 \text{ т/га}$$

Таким образом, потенциальная урожайность зерна озимой мягкой пшеницы при КПД ФАР 2 % в условиях Ульяновской области может составить 6,62 т/га. Как было отмечено выше, потенциальная урожайность зависит и от биологических особенностей сорта. В условиях Чердаклинского государственного сортоучастка в 2009 г. по сорту пшеницы Марафон была получена наивысшая урожайность среди сортоиспытаний Ульяновской области разных лет – 7,68 т/га, при этом КПД ФАР был равен 2,32 %. В 2020 г. на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ селекционная линия № 6 на общей площади посева 100 м² сформировала урожайность 9,0 т/га, что соответствует КПД ФАР 2,71 %.

Создание энергетически эффективных сортов, способных максимально ис-

пользовать приходящую ФАР в настоящее время рассматривается как один из возможных путей увеличения урожайности сельскохозяйственных культур [Прядкина, Г.А., 2018; Городов В.Т., 2020]. А.В. Амелин, Е.И. Чекалин (2015) отмечают, что селекция на повышение фотоэнергетического потенциала культурных растений в России фактически не проводилась, несмотря на огромные потенциальные резервы. Храмцова Е.В. (2004) сообщает, что в процессе окультуривания пшеницы наблюдается «парадокс Эванса» – эффект снижения интенсивности фотосинтеза единицей площади листа.

С.Н. Пономарев (2013) считает, что при хорошей влагообеспеченности растения наиболее полно используют энергию солнца и поэтому накапливают большое количество биомассы.

Анализ агроклиматической обеспеченности озимой мягкой пшеницы в условиях Ульяновской области (по метеоданным за период 1992-2021 гг.) показал, что именно влага в отдельные годы является лимитирующим фактором для роста и развития озимой пшеницы (таблица 13).

В сентябрьский период вегетации озимой мягкой пшеницы засушливые условия разной степени (ГТК до 0,7) и недостаточное увлажнение (ГТК 0,7-1,0) наблюдаются с вероятностью 33,3 и 16,7 % соответственно, майский – 30,0 и 26,6 % соответственно, в июньский – 33,3 и 20,0 % соответственно, в июльский – 53,3 и 20,0 % соответственно (рисунок 30, приложение 2).

Действительно возможная урожайность (*ДВУ*) озимой пшеницы по максимальной влагообеспеченности посевов определена по М.К. Каюмову (1989):

$$ДВУ_{биол.} = \frac{W \cdot 100}{K_v},$$

где *W* – максимальная влагообеспеченность, мм, *K_v* – коэффициент водопотребления, мм га/ц

Максимальная влагообеспеченность (*W*) складывается из максимальной влагоемкости почвы опытного участка к моменту возобновления весенней вегетации (188 мм, по А.И. Захарову, 2016) и наибольшего количества осадков, выпавших за весенне-летний период вегетации (363 мм осадков, 2017 г.).

Таблица 13 – Агроклиматическая обеспеченность озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, среднее за 1992-2021 гг.

Показатель	Биологические требования	Агроклиматические ресурсы региона
Сумма эффективных температур, °С	1850-2200	2050
Сумма активных температур, °С	1400-1500	1760
ГТК сентябрь	не менее 1,0	0,1-4,5
ГТК май	не менее 1,0	0,2-3,4
ГТК июнь	не менее 1,0	0,1-2,3
ГТК июль	не менее 1,0	0,1-3,2
Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к моменту возобновления вегетации весной, мм	160-200	127-188

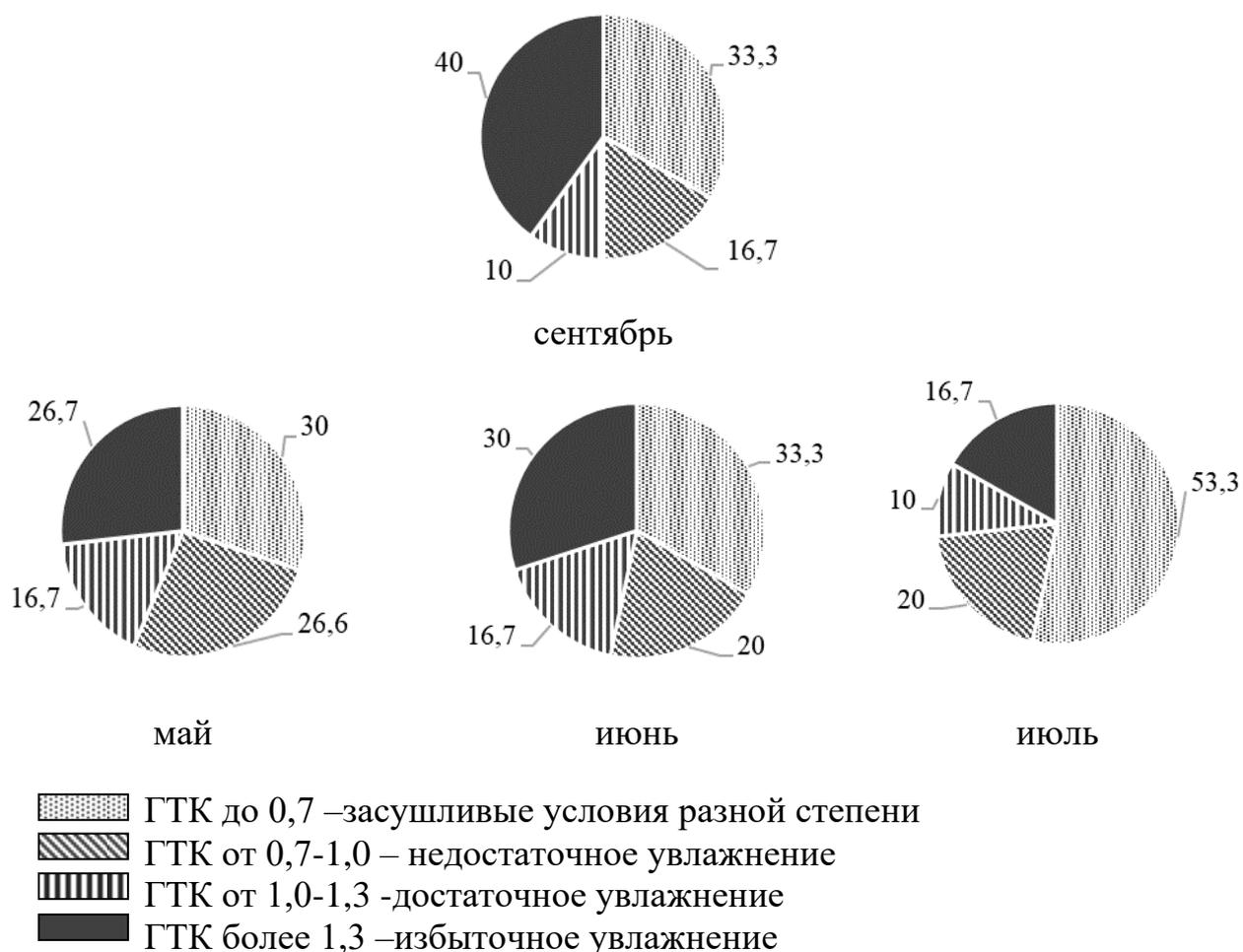


Рисунок 30 – Вероятность (%) различной степени увлажнения по ГТК в осенний и весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы, 2012-2021 гг.

Принято считать, что примерно 25 % выпавших осадков составляют непродуцируемые расходы на сток и испарение. Таким образом, максимальная влагообеспеченность будет равна – $W = 188 + 272 = 460$ мм. При коэффициенте водопотребления (K_v) 372 мм [Тойгильдин А.Л., 2015] теоретически ДВУ биомассы озимой пшеницы составит 12,36 т/га зерна.

$$ДВУ_{W_{биол.}} = \frac{460 \times 100}{372} = 12,36 \text{ т/га}$$

В пересчете на стандартную влажность и с учетом коэффициента хозяйственной эффективности урожая ($K_{хоз} = 0,4$) ДВУ составляет 5,75 т/га.

$$ДВУ_{W_{хоз.}} = \frac{У_{биол.} \cdot 100}{(100 - \text{Вл.ст})} \times K_{хоз} = \frac{123,6 \times 100}{(100 - 14)} \times 0,4 = 5,75 \text{ т/га}$$

Следует отметить, что даже если суммарно за весь вегетационный период режим влагообеспеченности и будет соответствовать биологическим потребностям озимой мягкой пшеницы, отрицательное влияние на уровень её урожайности может оказать отсутствие эффективных осадков в наиболее критические периоды онтогенеза. Они приходится в условиях Ульяновской области на май и начало июня.

Комплексным показателем, учитывающим влияние температуры, увлажнённости и инсоляции, позволяющим оценить урожайные возможности культуры в том или ином регионе возделывания является биоклиматический потенциал (БКП). Этот показатель часто является основой при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия и программ сельскохозяйственной деятельности с оптимальной нагрузкой на экосистему [Гордеев А.В., 2006; Клещенко А.Д., 2008; Турусов В.И., 2013]. И.Г. Ушачев (2012) и С.Н. Пономарев (2013) сообщают, что БКП был введён в алгоритм расчетов субсидий, предоставляемых Министерством сельского хозяйства РФ.

Понятие о БКП в научную теорию и практику было введено П.И. Колосковым (1963; 1971), согласно которому это величина, характеризующая продуктивность земли и учитывающая влияние основных факторов климата, таких как температура, влага и свет. Подход к оценке сельскохозяйственной продуктивности климата, предложенный Д.И. Шашко (1985), заключается в сравнительной оценке

производительности земель на основе относительных значений БКП.

Механизм расчета БКП по П.И. Колоскову (1963) использован в данной работе. Он учитывает требования культур в регионах их производства.

$$\text{БКП} = Kp \cdot \frac{\sum t > 5^{\circ}\text{C}}{1000^{\circ}\text{C}}, \text{ где}$$

где БКП – биоклиматический потенциал продуктивности, балл; $\sum t > 5^{\circ}\text{C}$ – сумма эффективных температур, которая накапливается за период вегетации озимой мягкой пшеницы, $^{\circ}\text{C}$; 1000°C – сумма температур, накапливаемая на границе северного земледелия, $^{\circ}\text{C}$, Kp – коэффициент увлажнения

$$Kp = \frac{586 \times W}{10^4 \times \sum P}, \text{ где:}$$

W – водообеспеченность культур за период вегетации, мм; $\sum P$ – суммарный приход ФАР за период вегетации культуры, $\text{ккал}/\text{см}^2$; 586 – скрытая теплота испарения одного литра воды, ккал.

Коэффициент увлажнения (Kp) для озимой пшеницы в условиях Ульяновской области составит 0,84 ($W = 460$ мм, $\sum P = 32,2$ $\text{ккал}/\text{см}^2$). Сумма эффективных температур ($>5^{\circ}\text{C}$) за период вегетации озимой пшеницы в Ульяновской области составляет 2050°C (в среднем за 1992-2021 гг. см. таблицу 13).

$$\text{БКП} = 0,84 \times \frac{2050}{1000} = 1,72$$

БКП при возделывании озимой пшеницы в Ульяновской области составляет 1,72 балла, что позволяет определить действительно возможную урожайность ($\text{ДВУ}_{\text{БКП}}$) исследуемой культуры по М.К. Каюмову (1991):

$$\text{ДВУ}_{\text{БКП}} = \beta \cdot \text{БКП}, \text{ где}$$

β – величина, отражающая уровень культуры земледелия и использования ФАР посевами.

В качестве показателя β С.Н. Пономаревым (2013) предложено использовать максимальную урожайность культуры, полученную в регионе или теоретически рассчитанную её урожайность. В данной работе за величину β была принята

рассчитанная выше потенциальная урожайность зерна озимой пшеницы в условиях Ульяновской области при КПД ФАР 2 % (6,62 т/га).

$$ДВУ_{БКП} = 6,62 \times 1,72 = 11,38 \text{ т/га}$$

Таким образом, действительно возможная урожайность зерна озимой пшеницы в Ульяновской области при благоприятном сочетании всех климатических ресурсов может составить – 11,38 т/га.

Проведённая оценка показала, что агроклиматические ресурсы региона способны обеспечивать достаточно высокую урожайность зерна исследуемой культуры – 5,75-11,38 т/га (рисунок 31).

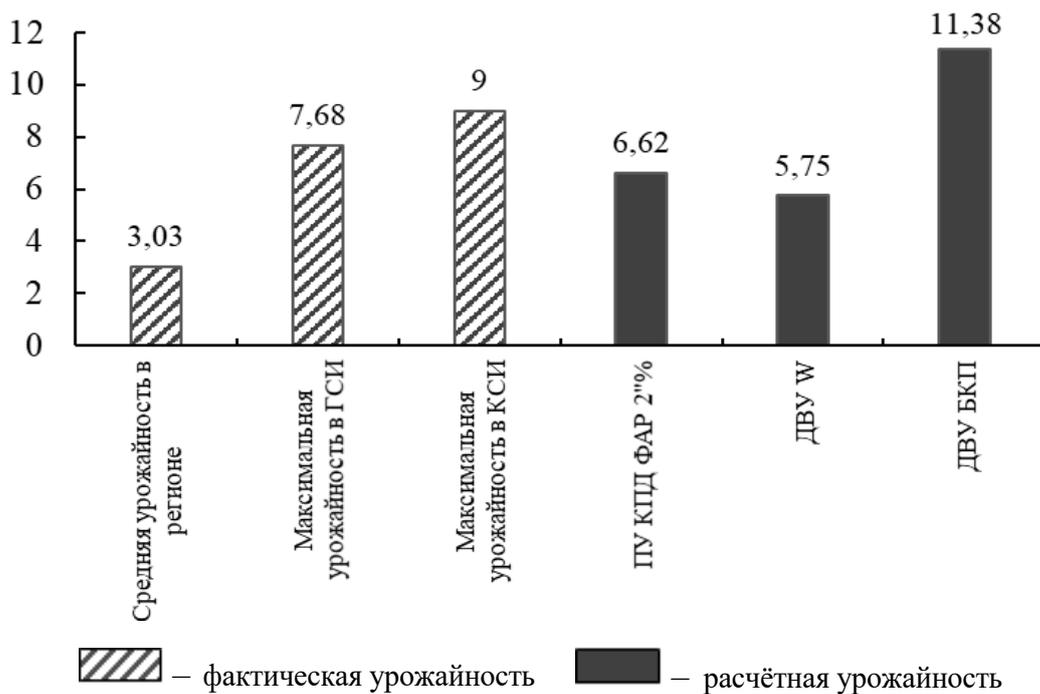


Рисунок 31 – Фактическая и расчётная урожайность зерна озимой мягкой пшеницы в условиях Ульяновской области, т/га

Сравнение фактических урожайностей зерна озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области с теоретически рассчитанными свидетельствует о имею-

щихся резервах в использовании агресурсного потенциала природных факторов среды региона при выращивании культуры. Уровень использования климатических ресурсов при возделывании озимой пшеницы в Ульяновской области при средней фактической урожайности культуры в регионе 3,03 т/га (см. таблицу 4) и теоретически возможным урожайностям, рассчитанным по ФАР (6,62 т/га), по максимальной влагообеспеченности (5,75 т/га) и по БКП (11,38 т/га) составляет 26,6-52,7 %.

Проведённый анализ показал, что потенциал продуктивности озимой мягкой пшеницы, обеспеченный агроклиматическими ресурсами, используется в Ульяновской области в среднем только на 40 %. По реализованным в Ульяновской области максимальным урожайностям озимой пшеницы (7,68 т/га – сорт Марафон, Чердаклинский ГСУ, 2009 г. и 9,0 т/га – селекционная линия № 6, Ульяновский ГАУ, 2020 г.) можно считать, что в благоприятные годы уровень использования климатических ресурсов региона в реализации продуктивности культуры может достигать 68-80 % (в среднем 74 %). Можно предполагать, что дальнейшее увеличение урожайности озимой мягкой пшеницы в регионе будет зависеть в том числе и от генетически обусловленного урожайного потенциала создаваемых сортов, которые при оптимальном сочетании факторов агротехники, почвы и климата будут способны аккумулировать наибольшее количество ФАР в биомассе. Современная селекция озимой мягкой пшеницы, должна быть направлена на более полное использование возможностей климата, в том числе на создание высокоэнергетических сортов, обеспечивающих более эффективный фотосинтез.

4 ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ВЗАИМОСВЯЗИ И ИСТОЧНИКИ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ

4.1 Зимостойкость озимой мягкой пшеницы

Зимостойкость – один из важнейших показателей для сорта озимой культуры, характеризующий его устойчивость к комплексу неблагоприятных факторов зимнего периода [Kochmarsky, V.S., 2012; Захарова Н.Н., 2015; Blum A., 2018; Гордей С.И., 2019]. Понятие «зимостойкость» в широком смысле Н.В. Тупицын с соавторами (2001) рассматривают «как устойчивость к стрессовым факторам не только зимнего периодов, но также и осеннего (например, повреждение шведской мухой, поражение мучнистой росой и др., провоцирующие пониженную зимостойкость) и весеннего (например, мартовские морозы, резкий перепад температур в апреле и др.)».

В Поволжье в 1925-1962 гг. были выведены известные высоким уровнем зимостойкости сорта пшеницы Ульяновка, Гостианум 237, Лютесценс 329, Альбидум 114, чему во многом способствовал жёсткий естественный фон для отбора по этому показателю [Прянишников А.И., 2013; Маслова Г.Я., 2018; Отдел селекции. URL: <http://www.ulniish.ru>].

4.1.1 Факторы перезимовки в лесостепи Среднего Поволжья и сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по зимостойкости

Согласно исследованиям, рассматриваемым в главе 3 и исследованиям С.Н. Немцева и Р.Б. Шариповой (2021) в последние годы в Ульяновской области отмечается тенденция потепления климата в целом, и в холодный период года в частности. Это оказывает влияние на частоту встречаемости отдельных стрессовых факторов зимы.

Изучение факторов зимостойкости озимых культур показало, что в лесостепи Среднего Поволжья с вероятностью в 21 % условия перезимовки являются оптимальными, а с вероятностью 79 % имеют место стрессовые факторы (таблица 14).

Таблица 14 – Основные причины повреждений и гибели озимых культур в лесостепи Поволжья и частота их встречаемости, 1989-2021 гг. *

Причины повреждений озимых культур	Год	Вероятность лет, %
Оптимальные условия перезимовки	1993, 2004, 2007, 2008, 2014, 2016; 2020	21
Вызревание	1989, 1992, 1994, 1999, 2000, 2002, 2005, 2009, 2012, 2013, 2015, 2017, 2018; 2019; 2021	46
Вымерзание	1996, 2003, 2006, 2010	12
Оттепели, резкие перепады температур, ледяная корка	1990, 1991, 2001, 2011	12
Другие факторы	1995, 1997, 1998	9

*- факторы перезимовки озимой пшеницы с 1989 по 1998 гг. по данным полевых опытов кафедры селекции, семеноводства и генетики Ульяновской ГСХА

Годы с низкими отрицательными температурами, вызывающими повреждение озимых культур, встречаются с вероятностью 12 %. Все более часто повреждающими факторами озимых культур становятся так называемые «эффекты мягких зим» – оттепели, резкие перепады температур, ледяные корки (в сумме с вероятностью 12 %) и созревание (вероятность 46 %).

Некоторые исследователи [Туманов И.И., 1967; Удовенко Г.В., 1983; Чекуров В.М., 2003; Козлов В.Е., 2012; Леонов О.Ю., 2012] полагают, что об уровне зимостойкости сорта озимой пшеницы достаточно полно можно судить по его устойчивости к низким отрицательным температурам или морозостойкости.

Зимостойкость – сложный показатель, проявление которого зависит от сорта, физиологического состояния растений, агротехнических, зоны выращивания [Тупицын Н.В., 2010; Gorash A., 2017; Долгополова Н.В., 2018; Фисенко А.В., 2020]. Трудность изучения генетики зимостойкости связывают с полигенным характером наследования показателя и сильной его зависимостью от внешних условий [В.Д. Кобылянский (1986), N.V. Moku (2008), T. Würschum (2017)]. Б.В. Ригин и По мнению Н.В. Тупицына и В.Н. Тупицына (2012), «...морозо- зимостойкость

имеет зональную специфику своего проявления – то, что морозоустойчиво в Сибири, не всегда настолько же эффективно в других регионах» и это означает, что генетический потенциал зимостойкости сорта озимой мягкой пшеницы реализуется в конкретных агроэкологических условиях среды.

В исследованиях 2011 г. повреждающее действие для озимой мягкой пшеницы оказала притёртая ледяная корка. Смёрзшийся с почвой лёд причиняет механические повреждения может привести их к гибели [Туманов И.И., 1970; Белолубцев А.И., 2012; Грабовец А.И., 2014Б]. В 2012, 2013 дифференци в 2015 гг. на посевах озимой пшеницы было отмечено выпревание. Как упоминалось выше, в последние годы выпревание является часто встречающимся неблагоприятным фактором зимнего периода для озимых культур (см. таблицу 14). Согласно А.И. Белолубцеву (2012), «...выпревание происходит вследствие тёплых неустойчивых зим и длительного (3-4 декады) пребывания растений под мощным снежным покровом (более 30 см), при сохранении температуры почвы на глубине узла кущения, близкой к 0 °С. При таких условиях жизнедеятельность озимых остаётся повышенной, что приводит к различной степени истощения растений или их гибели (в зависимости от температуры верхних слоев почвы, состояния растений с осени и степени их закалки)».

В современных климатических условиях Ульяновской области выпреванию озимых культур сопутствуют и увеличение количества осадков зимой, и повышение среднесуточной температуры в осенне-зимний период (см. рисунок 26, 27). В условиях затяжной тёплой осени озимые культуры перерастают, что является весомым провоцирующим фактором их выпревания. В связи с этим учеными-аграриями Ульяновской области рекомендовано сдвинуть оптимальные сроки сева озимых культур на более поздний период – 30 августа-10 сентября [Дозоров А.А., 2017]. В рекомендациях, составленных более 50 лет назад, оптимальным сроком сева для озимых культур в регионе считался период 25 августа-5 сентября [Немцев Н.С., 1990; Тупицын Н.В., 2004]. Проблема выпревания озимых культур, по-видимому, может быть решена и путем создания или подбора сортов с замедленным развитием в осенний период вегетации, а также нейтральных к срокам сева, что делает возможным их посев и в ранее предложенные сроки [Бирюков К.Н.,

2013; Суханбердина Л.Х., 2020].

Повышенной устойчивостью к ледяной корке (таблица 15) характеризовались сорта: стандарт Волжская К (4,2 балла), Волжская 16, Волжская 100, Светоч, Московская 39, Базальт, Бирюза, Харьковская 92 (4,0 балла). Среднюю и пониженную устойчивость к анализируемому показателю (2,3-3,7 балла) показали пшеницы Марафон, Безенчукская 380, Волжская С3, Санта и Мироновская 808, существенно уступившие стандарту при $НСР_{05} = 0,4$ балла.

Таблица 15 – Зимостойкость сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Зимостойкость, балл (1-5) по годам исследований								V, %
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	среднее	лимиты	
Волжская К, стандарт	4,2	5,0	3,7	5,0	5,0	5,0	4,7	3,7-5,0	12,1
Волжская 16	4,0	5,0	4,2	5,0	4,8	5,0	4,7	4,0-5,0	9,6
Волжская 100	4,0	5,0	3,8	5,0	4,8	5,0	4,6	3,8-5,0	12,0
Волжская С3	3,7	5,0	3,9	5,0	4,8	5,0	4,6	3,7-5,0	13,2
Безенчукская 380	3,5	5,0	3,6	5,0	5,0	5,0	4,5	3,5-5,0	16,6
Санта	3,7	5,0	3,7	5,0	4,5	5,0	4,5	3,7-5,0	14,2
Светоч	4,0	5,0	3,8	5,0	4,5	5,0	4,6	3,8-5,0	11,9
Ресурс	3,5	5,0	2,6	4,8	4,0	5,0	4,2	2,6-5,0	23,4
Бирюза	4,0	4,0	2,9	5,0	4,0	5,0	4,2	2,9-5,0	18,9
Казанская 285	3,7	4,5	4,6	5,0	5,0	5,0	4,6	3,7-5,0	11,0
Московская 39	4,0	5,0	3,3	5,0	4,8	5,0	4,5	3,3-5,0	15,7
Базальт	4,0	4,2	2,8	5,0	4,6	5,0	4,3	2,8-5,0	19,4
Марафон	2,5	4,2	3,5	5,0	4,8	5,0	4,2	2,5-5,0	24,0
Харьковская 92	4,0	4,6	2,5	5,0	4,0	5,0	4,2	2,5-5,0	22,4
Мироновская 808	3,7	5,0	3,7	5,0	5,0	5,0	4,6	3,7-5,0	14,7
Среднее	3,8	4,8	3,5	5,0	4,6	5,0	4,4	2,5-5,0	–
НСР ₀₅ , балл	0,4	0,4	0,4	0	0,3	0	0,4	–	–
V, %	10,8	7,7	16,8	1,0	8,0	0	4,5	–	–

В 2012 г. выпревание было незначительным. По устойчивости к повреждающему фактору уступили стандарту (5,0 баллов) пшеницы Бирюза, Казанская 285, Базальт, Марафон, Харьковская 92 (4,2-4,6 балла). В 2013 г. выпревание отмечено наиболее сильное – зимостойкость в среднем по опыту составила 3,5 балла, что меньше всех остальных лет исследований. Повышенной устойчивостью к

выпреванию характеризовались сорта пшеницы Казанская 285 (4,6 балла) и Волжская 16 (4,2 балла), существенно ($НСР_{05} = 0,4$ балла) превысившие стандарт Волжская К (3,7 балла).

Статистически достоверно уступили стандарту по анализируемому показателю в исследуемом году сорта Ресурс, Бирюза, Московская 39, Базальт, Харьковская 92 (2,5-3,3 балла). В 2015 г. меньшую зимостойкость в сравнении со стандартом (5,0 баллов, $НСР_{05} = 0,3$ балла) показали пшеницы Санта, Светоч, Ресурс, Бирюза, Базальт, Харьковская 92 (4,0-4,6 балла).

Результаты исследований констатируют, что устойчивость к выпреванию у одного и того же сорта в разные годы может быть различной. Это является результатом проявления взаимодействия генотипа и среды. Так, устойчивость к выпреванию стандарта Волжская К варьировала от 3,7 баллов (2013 г.) до 5,0 баллов (2012 и 2015 гг.). И.М. Филипенко (1996) в своих исследованиях также заключает, что одна и та же генетически обусловленная зимостойкость может фенотипически проявляться в различной степени в связи с условиями предшествующей вегетации и погодными колебаниями в осенне-зимний период.

Средняя зимостойкость озимой мягкой пшеницы за 2011-2016 гг. исследований в сеялочном посеве составила 4,4 балла. Стабильно повышенным и высоким уровнем зимостойкости (4,0-5,0 баллов все годы исследований) характеризовался сорт Волжская 16 (см. таблицу 15) в генеалогии которого имеется известный источник морозо- и зимостойкости – сорт Альбидум 114 [Тупицын Н.В., 2012]. За весь период исследований существенно ($НСР_{05} = 0,4$ балла) уступили по зимостойкости стандарту Волжская К (4,7 балла) сорта Ресурс, Бирюза, Базальт, Марафон, Харьковская 92 (4,2-4,3 балла).

Внутрисортная изменчивость зимостойкости слабая у сорта Волжская 16 ($V = 9,6$ %), сильная – у пшениц Марафон, Харьковская 92, Ресурс ($V = 22,4$ - $24,0$ %). Остальные сорта озимой мягкой пшеницы характеризовались изменчивостью данного показателя средней степени ($V = 11,0$ - $19,4$ %). Установлено, что ухудшение условий перезимовки усиливает межсортовую дифференциацию по зимостойкости. Так, при перезимовке в 3,8 балла в 2011 г. межсортовая изменчивость

– $V = 10,8 \%$, а при зимостойкости в 3,5 балла в 2013 г. вариабельность анализируемого показателя увеличилась – $V = 16,8 \%$.

Двухфакторным дисперсионным анализом (таблица 16) установлено, что доминирующее влияние на варьирование зимостойкости озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья оказывает фактор среды (фактор A), вклад которого составляет 68,7 %.

Таблица 16 – Результаты двухфакторного анализа изменчивости зимостойкости озимой мягкой пшеницы

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	Вклад фактора, %
Общая	184,3	359	-	-	-	-
Повторений	0,4	3	0,15	2,70	2,70	0,2
Год (A)	126,7	5	25,3	471,41	2,30	68,7*
Генотип (B)	9,8	14	0,7	13,02	1,85	5,3*
Взаимодействия (AB)	33,1	70	0,5	8,79	1,44	17,9*
Остаток (ошибки)	14,4	267	0,05	-	-	7,8
НСР ₀₅ (A) = 0,08 балла		НСР ₀₅ (B) = 0,13 балла				

*– достоверно на 5 % уровне значимости

Доля влияния генотипа (фактор B) в изменчивости зимостойкости лишь 5,3 %, что указывает на слабую в целом экологическую защищенность возделываемого сортимента озимой пшеницы от стрессовых факторов, обуславливающих перезимовку. Вместе с тем, в ходе анализа выявлено наличие достоверное генетическое разнообразие исследуемых сортов по зимостойкости. Влияние совместного действия вышеуказанных факторов (взаимодействие генотипа и среды) на зимостойкость озимой пшеницы составляет 17,9 %. Это означает, что повышение зимостойкости исследуемой культуры в регионе может быть достигнуто не только за счет выведения или подбора зимостойких сортов, но и за счет использования сортового разнообразия и разработки их сортовых технологий.

Среди изученного сортимента пшениц мировой коллекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья низкой зимостойкостью (1,0-2,0 балла) характеризова-

лись пшеницы Англии, Венгрии, Уругвая, Перу. Среднюю и повышенную зимостойкость (3,0-4,0 балла) показали сорта Болгарии, повышенную и высокую (4,0-5,0 баллов) – российские пшеницы сибирской селекции (таблица 17).

Таблица 17 – Зимостойкость сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения

Происхождение пшениц	Зимостойкость, средний балл (от-до)			
	1-й набор		2-й набор	
	2011 г.	2012 г.	2012 г.	2013 г.
Волжская К, стандарт	4,5	5,0	5,0	5,0
Россия, Северный Кавказ	-	-	4,7 (4,0-5,0)	2,7 (2,0-4,0)
Россия, Сибирь	-	-	4,9 (4,0-5,0)	4,7 (4,0-5,0)
Украина	3,0 (1,0-5,0)	3,9 (1,0-5,0)	4,6 (3,0-5,0)	2,3 (1,0-4,0)
Германия	3,0 (2,0-4,0)	2,8 (2,5-3,0)	-	-
Венгрия	1,5 (1,0-2,0)	1,5 (1,0-2,0)	-	-
Болгария	3,7 (3,0-4,0)	3,3 (3,0-4,0)	-	-
Сербия	2,8 (1,0-4,5)	3,7 (2,0-5,0)	-	-
Китай	3,4 (1,0-5,0)	2,8 (1,0-5,0)	-	-
Молдавия	3,0	3,5	-	-
Эстония, Латвия	-	-	4,0 (3,0-5,0)	1,7 (1,0-3,5)
США	-	-	3,6 (2,0-5,0)	1,8 (1,0-3,0)
Япония	-	-	4,1 (4,0-4,5)	2,4 (1,0-3,5)
Англия, Уругвай, Перу	-	-	2,0 (1,0-3,0)	1,0
Среднее	3,1	3,5	4,2	2,8

Дифференциация по зимостойкости наблюдалась среди сортообразцов пшеницы Украины, Германии, Сербии, Китая, США, Японии, Эстонии, Латвии, России (Северный Кавказ).

Вследствие повреждения ледяной коркой среднее значение перезимовки в опыте 2011 г. составило 3,1 балла (приложение 3). У 32,0 % пшениц зимостойкость оценивалась в 3,0 балла, также у 32,0 % сортообразцов – в 4,0 балла (рисунок 32). Высокую зимостойкость (5,0 баллов) показали сорта Омская 6 (Россия), Xiao Yan 107 (Китай), Муколаувка, Manzheliya (Украина) (таблица 18). Повышенной устойчивостью к ледяной корке (4,0-4,5 балла) характеризовались, наряду со стандартом Волжская К, сорта Myropol, Dashenka, Kalyanova, Lytavinka, Vinnychanka, Khersonska bez (Украина), Vanga (Латвия), Emoile (Болгария) и Zhong Pin 1535 (Китай).

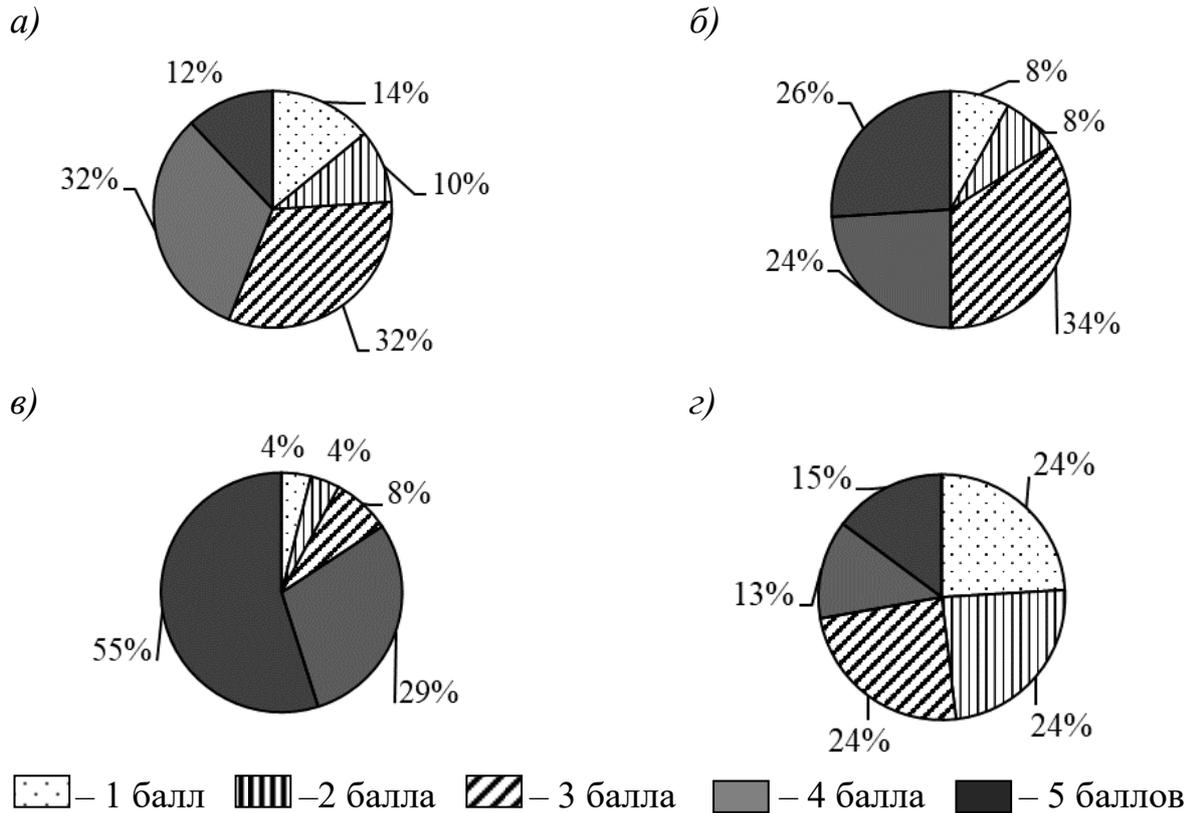


Рисунок 32 – Распределение (%) сортообразцов озимой пшеницы по баллам зимостойкости (1-й набор: а – 2011 г., б – 2012 г.; 2-й набор: в – 2012 г., г – 2013 г.)

Таблица 18 – Высокозимостойкие сортообразцы озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника, 2011-2013 гг.

Сортообразец	Страна	Перезимовка, балл (1-5)		Сортообразец	Страна	Перезимовка, балл (1-5)	
		2011 г.	2012 г.			2012 г.	2013 г.
1-й набор		2011 г.	2012 г.	2-й набор		2012 г.	2013 г.
Волжская К, стандарт		4,5	5,0	Волжская К, стандарт		5,0	5,0
Омская 6	Россия	5,0	4,0	Виктория 95	Россия	5,0	4,0
Мукалайівка	Украина	5,0	4,0	Камея	Россия	5,0	4,0
Муропол	Украина	4,0	4,0	Багратионовская	Россия	5,0	5,0
Dashenka	Украина	4,0	4,0	Новосибирская 32	Россия	5,0	5,0
Kalyanova	Украина	4,0	5,0	Новосибирская 51	Россия	5,0	5,0
Lytavinka	Украина	4,0	5,0	Бийская озимая	Россия	5,0	5,0
Manzheliya	Украина	5,0	5,0	Новосибирская 9	Россия	4,0	4,0
Vinnychanka	Украина	4,0	4,0	Филатовка	Россия	5,0	5,0
Khersonska bez	Украина	4,0	4,0	Новосибирская 40	Россия	5,0	4,0
Banga	Латвия	4,0	4,0	Кулундинка	Россия	5,0	5,0
Емоиле	Болгария	4,0	4,0	Лютесценс 4	Россия	5,0	4,0
Zhong Pin 1535	Китай	4,0	5,0	Поэма	Россия	5,0	5,0
XiaoYan 107	Китай	5,0	4,0	Krasen	Украина	4,7	4,0
				Satsukei 26	Япония	4,0	4,0

В 2012 г. у этого же набора пшениц большая часть сортообразцов также, как и в 2011 г., имела перезимовку в 3,0 и 4,0 балла (34,0 и 24,0 % пшениц соответственно), причиной чему было небольшое выпревание (см. рисунок 32). Среднее значение зимостойкости в опыте в исследуемом году составило 3,5 балла (приложение 3). Комплексной устойчивостью к ледяной корке и к выпреванию (4,0-5,0 баллов) по результатам 2-х лет исследований характеризовались пшеницы Волжская К, Омская 6 (Россия), Banga (Латвия), Emoile (Болгария), Myropol, Mykolayvka, Dashenka, Kalyanova, Lytavinka, Vinnychanka, Manzheliya, Khersonska bezostaya (Украина), Xiao Yan 107, Zhong Pin 1535 (Китай).

Во втором наборе пшениц среднее значение перезимовки по опыту 2012 г. составило 4,2 балла (см. таблицу 17), что выше, по сравнению с первым набором этого же года исследований (3,5 балла, приложения 3, 4). Высокая (5,0 баллов) и повышенная (4,0 балла) зимостойкость отмечена лишь у 13 и 15 % сортообразцов пшеницы соответственно (см. рисунок 32). Высокой устойчивостью к выпреванию (5,0 баллов) характеризовались сорта: Волжская К, Багратионовская, Новосибирская 32, Новосибирская 51, Бийская озимая, Филатовка, Кулундинка, Поэма (Россия), повышенной (4,0 балла) – Виктория 95, Камея, Новосибирская 9, Новосибирская 40, Лютесценс 4 (Россия), Krasen (Украина), Satsukei 26 (Япония). Вышеперечисленные сортообразцы являются ценным исходным материалом для селекции озимой мягкой пшеницы на зимостойкость в зоне проведения исследований.

Таким образом, в настоящее время в условиях лесостепи Среднего Поволжья наиболее частым неблагоприятным фактором перезимовки для озимой мягкой пшеницы является выпревание (вероятность 46 %). Исследуемая культура в регионе достаточно хорошо перезимовывает (средняя зимостойкость по сортоиспытанию 4,4 балла) не только из-за относительно мягких зим, в сравнении с началом прошлого столетия, но и благодаря селекционному улучшению культуры. Среди изученного сортимента озимых пшениц мировой коллекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья повышенной и высокой зимостойкостью (4,0-5,0 баллов) характеризуются российские пшеницы сибирской селекции, а также ряд

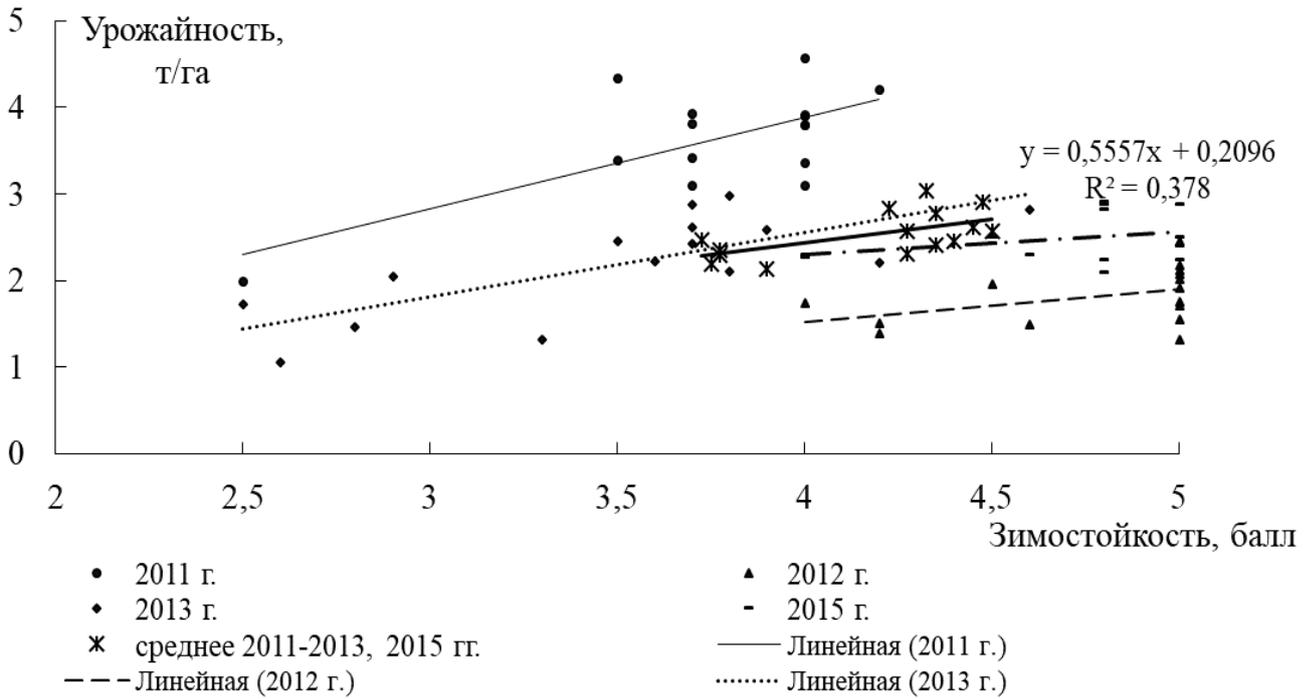
образцов Украины, Латвии, Болгарии, Японии и Китая.

Изменчивость зимостойкости озимой мягкой пшеницы в сортоиспытании в наибольшей степени зависела от условий среды (вклад 68,7 %), в меньшей степени – от сорта (вклад 5,3 %). Установлена достоверность разнообразия исследуемого сортимента пшениц по зимостойкости. Зимостойкость культуры также достоверно была обусловлена эффектом взаимодействия генотипа и среды (вклад 17,9 %). Следовательно, с целью повышения зимостойкости озимой мягкой пшеницы в регионе необходимо выведение или подбор сортов, устойчивых к стрессовым факторам перезимовки, а также разработка сортовых технологий. С учетом присутствия эффекта взаимодействия генотипа и среды, когда в зависимости от условий среды, сорта меняются рангами по зимостойкости, важным также следует считать возделывание нескольких сортов озимой мягкой пшеницы для обеспечения стабильности производства культуры. Выделившиеся в сортоиспытаниях озимой мягкой пшеницы источники повышенной и высокой зимостойкости рекомендуются для вовлечения в селекционный процесс исследуемой культуры в зоне исследований.

4.1.2 Зимостойкость и урожайность

По мнению многих исследователей [Тупицын Н.В., 2012; Маслова, Г.Я. 2018; Сухоруков А.Ф., 2018^A] в условиях лесостепи Среднего Поволжья зимостойкость для озимой мягкой пшеницы является одним из ключевых показателей. Этому подтверждением являются и результаты проведенных нами корреляционно-регрессионных анализов зависимости урожайности исследуемой культуры от ее зимостойкости. В годы, когда имели место даже незначительные повреждения растений связь зимостойкости и урожайности в сортоиспытаниях сеялочного посева положительная средней силы (рисунок 33а, таблица 19). Чем сильнее повреждения, тем усиливается связь между этими двумя показателями.

а)



б)

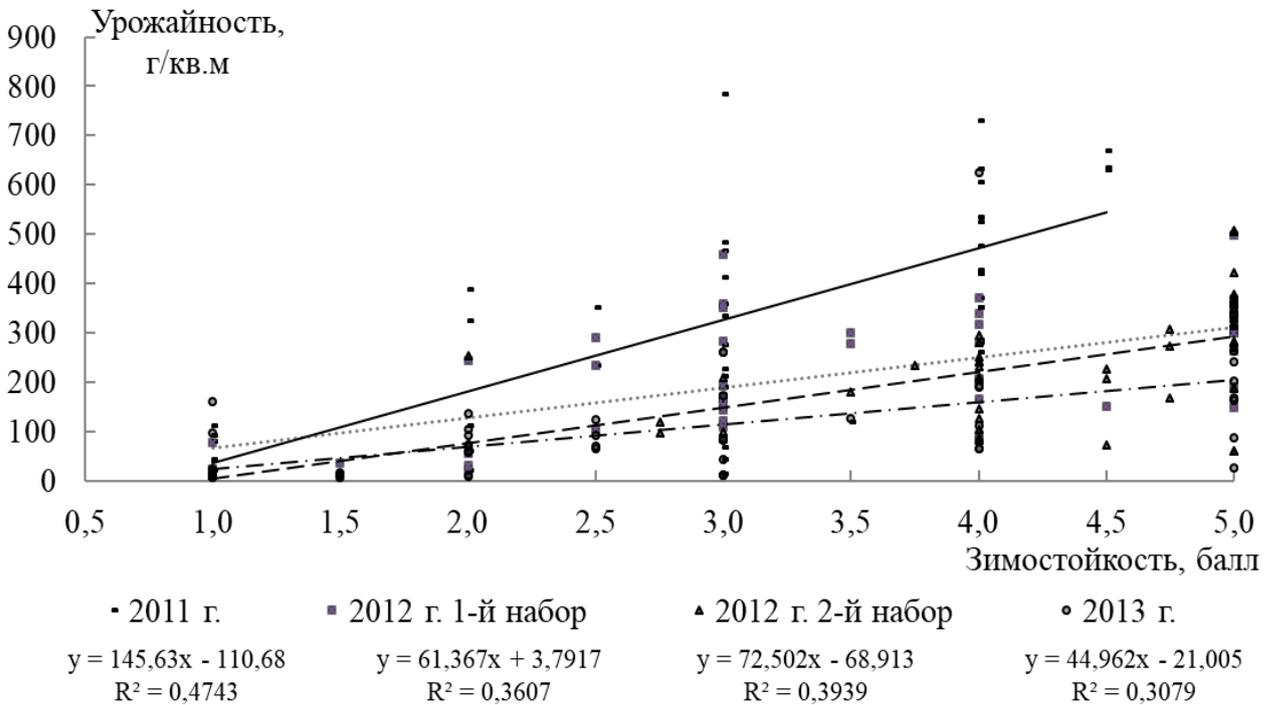


Рисунок 33 – Графики корреляционно-регрессионной зависимости урожайности озимой мягкой пшеницы от зимостойкости (а - сеялочный посев, б - ручной посев)

Таблица 19 – Зависимость урожайности озимой пшеницы от зимостойкости

Год исследований	Зимостойкость, балл	Урожайность, т/га (г/м ²)	Коэффициент корреляции (r) между зимостойкостью и урожайностью, $r \pm Sr$
сеялочный посев			
2011	3,8	3,64	$0,69 \pm 0,20^{***}$
2012	4,8	1,81	$0,42 \pm 0,25$
2013	3,5	2,19	$0,75 \pm 0,19^{***}$
2014	5,0	3,90	–
2015	4,6	2,47	$0,36 \pm 0,26$
2016	5,0	4,86	–
ручной посев			
2011	3,1	(328)	$0,69 \pm 0,12^{***}$
2012 (1-й набор)	3,5	(222)	$0,60 \pm 0,13^{***}$
2012 (2-й набор)	4,2	(239)	$0,63 \pm 0,13^{***}$
2013	2,8	(126)	$0,55 \pm 0,10^{***}$

***– достоверно на 0,1 % уровне значимости

Так, в 2011 г. при зимостойкости в 3,8 балла в сеялочном посеве $r = 0,69 \pm 0,20$, а в 2013 г. при зимостойкости в 3,5 балла $r = 0,75 \pm 0,19$ (в оба года исследований связи прямые, сильные, достоверные на 0,1 % уровне значимости). В 2012 и 2015 гг. исследований при зимостойкости 4,8 и 4,6 баллов зависимости прямые, средней силы – $r = 0,42 \pm 0,25$ и $r = 0,36 \pm 0,26$ соответственно.

В среднем за период исследований (2011-2013, 2015 гг.) корреляционная связь между урожайностью и зимостойкостью положительная, средней силы, достоверная на 5 % уровне значимости – $r = 0,61 \pm 0,22$ (приложение 5). Тенденция изменения урожайности озимой пшеницы от зимостойкости описывается уравнением регрессии $y = 0,5557x + 0,2096$, что при $R^2 = 0,378$ является статистически достоверным. Отсюда следует, что повышение зимостойкости на 1 балл может приводить к увеличению урожайности культуры на 0,557 т/га, и наоборот.

В ручном посеве озимой пшеницы во все годы исследований (см. таблицу 19, рисунок 33б) выявлены сильной и средней степени положительные зависимости урожайности сортообразцов от их зимостойкости (в 2011 г. – $r = 0,69 \pm 0,12$, в 2012 г. – $r = 0,60 \pm 0,13$ (1-й набор) и в 2012 г. – $r = 0,63 \pm 0,12$, в 2013 г. – $r = 0,55 \pm 0,10$ (2-й набор). Во все годы исследований связи прямые, достоверные на 0,1 % уровне значимости (приложение 6). Тенденции изменения урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы в зависимости от зимостойкости во все

годы исследований статистически значимы ($R^2 > 0,08$).

Среди сортообразцов с повышенной и высокой зимостойкостью (4,0-5,0 баллов) в первом наборе формировали урожайность на уровне стандарта (в 2011 и 2012 гг. – 630 и 367 г/м² соответственно) украинские пшеницы Dashenka, Lytavinka, Manzheliya, Kalyanova (см. таблицу 18, таблица 20, приложение 3).

Во влажном 2011 г. они превзошли стандарт на 3-346 г/м², а в засушливых условиях 2012 г. уступили ему на 17-67 г/м². Из пшениц второго набора высокие значения зимостойкости и урожайности в 2012, 2013 гг. исследований показали сорта Виктория 95, Бийская озимая, Кулундинка, Поэма (приложение 4).

Таблица 20 – Высокозимостойкие сорта озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника с высокой урожайностью

Сорт	Страна	Урожайность, г/м ²		Сорт	Страна	Урожайность, г/м ²	
1-й набор		2011 г.	2012 г.	2-й набор		2012 г.	2013 г.
Волжская К, стандарт		630	367	Волжская К, стандарт		367	162
Dashenka	Украина	730	338	Виктория 95	Россия	360	626
Kalyanova	Украина	976	350	Бийская озимая	Россия	505	203
Lytavinka	Украина	633	300	Кулундинка	Россия	348	167
Manzheliya	Украина	635	333	Поэма	Россия	423	333

Вышеназванные сорта озимой мягкой пшеницы сформировали урожайность 348-505 г/м² в 2012 г. и 167-626 г/м² в 2013 г. при урожайности стандарта Волжская К 367 г/м² и 162 г/м² (приложение 4), соответственно, и были использованы в качестве родительских форм при создании гибридных популяций исследуемой культуры.

Зимостойкость в лесостепи Среднего Поволжья является не единственным показателем, способным определять уровень урожайности озимой мягкой пшеницы. Так, например, в 2012 г. при зимостойкости в 4,8 балла урожайность исследуемой культуры составила всего 1,81 т/га в результате засушливых условий в весенне-летний период вегетации, тогда как в 2011 г. при меньшей зимостойкости в 3,8 балла была получена вдвое более высокая урожайность – 3,64 т/га (см. табли-

цу 19). Не все исследуемые сорта озимой мягкой пшеницы при хорошем уровне зимостойкости характеризуются высокой урожайностью. В 2011 г. сорта Волжская 100 и Базальт показали зимостойкость в 4,0 балла (таблица 21), что на 0,2 балла выше среднего значения по опыту, а сформировали урожайность ниже среднего значения по опыту (3,64 т/га), существенно уступив при этом и стандарту (4,2 т/га, НСР₀₅ = 0,52 т/га). В 2013 г. сорта Волжская 100 и Волжская 16 превысили стандарт по зимостойкости на 0,1 и на 0,5 баллов, а урожайность сформировали соответственно на 0,32 и 0,22 т/га меньше его.

В годы с неблагоприятными условиями зимнего периода (2011, 2013 гг.) отдельные сорта даже с зимостойкостью в 3,5 балла (сохранилось 70 % растений)

Таблица 21 – Зимостойкость и урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, сеялочный посев, 2011 и 2013 гг.

Сорт	Зимостойкость, балл (1-5)	Урожайность, т/га	Сорт	Зимостойкость, балл (1-5)	Урожайность, т/га
2011 г.			2013 г.		
Волжская К, стандарт	4,2	4,20	Волжская К, стандарт	3,7	2,42
Волжская 100	4,0	3,10	Волжская 16	4,2	2,20
Базальт	4,0	3,36	Волжская 100	3,8	2,10
Ресурс	3,5	4,33	Марафон	3,5	2,46
среднее	3,8	3,64	среднее	3,5	2,19
НСР ₀₅ , балл	0,4	0,52	НСР ₀₅ , балл	0,4	0,36

сформировали довольно высокую урожайность – выше стандарта и средних значений всего опыта. Это сорт Ресурс – его урожайность в 2011 г. составила 4,33 т/га при урожайности стандарта 4,20 т/га и среднего значения по опыту 3,64 т/га и сорт Марафон с урожайностью 2,46 т/га в 2013 г. при урожайности стандарта 2,42 т/га и среднего значения по опыту 2,19 т/га.

Некоторые сортообразцы озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника с зимостойкостью в 3,0 балла формировали урожайность на уровне стандарта Волжская К (в 2011 г., 2012 г. и 2013 г. – 630 г/м², 367 г/м² и 162 г/м² соответ-

ственно) или несколько выше его. Это в 2011 г. сорт Zamozhnist (Украина) – 783 г/м², в 2012 г. – Ji Mai 21 (Китай) – 458 г/м², в 2013 г. – Ясногорка и Dukanka (Украина) – 261 и 260 г/м² соответственно (приложения 3, 4).

Таким образом, проведённые исследования позволяют заключить, что в условиях лесостепи Среднего Поволжья зимостойкость озимой мягкой пшеницы является важным фактором, определяющим уровень её урожайности. Установлено, что минимальный уровень зимостойкости, при которой отдельные сорта озимой пшеницы могут формировать высокий урожай – 3,0-3,5 балла (сохранность растений 70 %). Данное обстоятельство необходимо считать важным при проведении отборов и браковок в звеньях селекционного процесса исследуемой культуры, а также при составлении сортовой структуры озимой мягкой пшеницы в производственных условиях.

4.2 Вегетационный период озимой мягкой пшеницы

Продолжительность вегетационного периода является важным биологическим, адаптивным и хозяйственно-ценным показателем сорта растений любой сельскохозяйственной культуры [Андрияш Н.В., 1984; Файт, В.И., 2001; Chen Y., 2010; Wang J., 2013; Охременко А.В., 2015; Соколенко Н.И., 2021]. С вегетационным периодом Н.И. Вавилов (1935) связывал «уход» растений пшеницы от засухи, поражения болезнями, повреждения вредителями и, как следствие, её урожайность и качество зерна.

4.2.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по дате колошения

В селекции пшеницы о группе спелости сорта принято судить по дате колошения. Г.Д. Набоков (2001) сообщает, что межфазный период всходы-колошение в сравнении с периодом колошение-созревание является менее вариабельным, что относят к сортовым признакам. В проведённых нами исследованиях время наступления колошения среднеспелого сорта-стандарта Волжская К также

изменялось в меньшей степени, чем период его созревания (таблица 22). В среднем за 2011-2019 гг. колошение стандарта наступало 4 июня. Самое раннее колошение отмечалось в 2016 г. 30 мая, а самое позднее в 2018 г. – 14 июня, различия составили 15 дней. Созревание сорта за анализируемый период исследований наступало в среднем 23 июля. При этом самое раннее созревание было отмечено в 2015 г. 14 июля, а самое позднее в 2017 г. – 8 августа, различия составили 25 дней.

Таблица 22 – Даты возобновления весенней вегетации (ВВВ) и колошения сорта озимой мягкой пшеницы Волжская К, сеялочный посев

Год	Дата ВВВ	Дата колошения	Межфазный период ВВВ-колошение, дней	Сумма эффективных температур до колошения, °С	Дата созревания	Межфазный период ВВВ-созревание, дней
2011	23 IV	6 VI	44	597	22 VII	90
2012	8 IV	31 V	53	790	23 VII	106
2013	16 IV	2 VI	47	686	25 VII	100
2014	14 IV	31 V	47	635	22 VII	99
2015	13 IV	5 VI	53	692	14 VII	92
2016	8 IV	30 V	52	690	20 VII	103
2017	7 IV	8 VI	62	632	8 VIII	123
2018	16 IV	14 VI	59	735	25 VII	100
2019	10 IV	4 VI	55	721	20 VII	101
Среднее	13 IV	4 VI	52	686	23 VII	102
От-до	7 IV-23 IV	30 V-14 VI	44-62	597-790	14 VII-8 VIII	90-123

Исследованиями установлена положительная сильная корреляционная связь между датой наступления колошения озимой пшеницы и датой её созревания – $r = 0,70 \pm 0,26$ (достоверно на 5 % уровне значимости). На аналогичную корреляционную связь указывают работы А.И. Носатовского (1965) и П.П. Лукьяненко (1990).

Дата ВВВ (переход среднесуточной температуры через +5 °С) варьировала по годам исследований. Самое раннее возобновление вегетации озимой мягкой пшеницы отмечено в 2017 г. (7 апреля), а самое позднее в 2011 г. (23 апреля), при этом различия составили 16 суток. Приведённые в таблице 22 результаты свиде-

тельствуют о том, что дата наступления колошения у озимой пшеницы не всегда зависит от даты ВВВ культуры. Так, например, ВВВ в 2011 г. (23 апреля) отмечено позже на неделю в сравнении с 2018 г. (16 апреля), а колошение наступило на 8 суток раньше (6 июня и 14 июня соответственно).

Время наступления колошения озимой пшеницы не всегда зависело и от суммы эффективных температур за период от ВВВ до колошения. В 2012 г. и 2014 г. колошение отмечалось в один день – 31 мая, а сумма эффективных температур в 2012 г. составила 790 °С, что больше на 155 °С, в сравнении с 2014 г.

Такие результаты исследований, по-видимому, можно объяснить с позиции рассмотрения показателя продолжительности вегетационного периода в генетическом аспекте [Стельмах А.Ф., 1987; Файт В.И., 2001; Емцева М.В., 2012; Потокина Е.К., 2012; Shcherban A.B., 2015; Chen H., 2016; Жмурко, В.В., 2020].

Согласно шкалы Международного классификатора... (1984) выделяют 7 групп спелости пшениц – среднераннюю, раннюю, очень раннюю (ультрараннюю) и среднепозднюю, позднюю и очень позднюю (ультрапозднюю) – выколашивающиеся соответственно на 2-3, 4-5, 6 и более суток ранее или позднее среднеспелого стандарта. Среднеспелая группа – пшеницы с датой наступления колошения +/-1 день к стандарту.

В исследованиях озимой мягкой пшеницы сеялочного посева среднеспелая и среднеранняя группы пшениц были представлены ежегодно (54 и 24 % сортов соответственно). Позднеспелая, раннеспелая и ультрараннеспелая группы только в отдельные годы включали в себя единичные сорта (таблица 23). Колошение озимой мягкой пшеницы в сортоиспытаниях разных лет характеризовалось слабостью и средней вариабельностью (таблица 24). Межсортовые коэффициенты вариации изменялись от 4,9 % (2013 г.) до 11,9 % (2012 г.), а внутрисортовые – от 5,4 % (сорт Безенчукская 380) до 13,5 % (сорт Марафон). Наибольшая межсортовая изменчивость по дате колошения ($V = 11,9\%$) в сортоиспытании 2012 г. была обусловлена сортовой дифференциацией по устойчивости сортов озимой мягкой пшеницы к шведской мухе (*Oscinella frit* L., приложение 7).

Таблица 23 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по группам спелости (число / процент)

Год	Ультра-ранняя	Ранне-спелая	Средне-ранняя	Средне-спелая	Средне-поздняя	Поздне-спелая
2011	-	1/7	7/46	6/40	-	1/7
2012	2/13	1/7	3/20	8/53	1/7	-
2013	-	-	3/19	9/56	4/25	-
2014	-	3/19	3/19	7/44	2/12	1/6
2015	-	1/5	4/23	13/72	-	-
2016	-	-	3/17	11/61	3/17	1/5
Среднее	-/2	1/7	4/24	9/54	2/10	-/3

Таблица 24 – Дата колошения сортов озимой мягкой пшеницы (сеялочный посев)

Сорт	Год исследований							V, %
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	среднее	
Волжская К, стандарт	6 VI	31 V	2 VI	31 V	5 VI	30 V	3 VI	9,1
Волжская 16	6 VI	1 VI	2 VI	31 V	5 VI	31 V	2 VI	7,7
Волжская 100	3 VI	1 VI	31 V	30 V	4 VI	30 V	2 VI	6,6
Волжская Сз	4 VI	1 VI	1 VI	31 V	5 VI	30 V	2 VI	7,2
Безенчукская 380	6 VI	2 VI	3 VI	2 VI	6 VI	2 VI	3 VI	5,7
Санта	5 VI	1 VI	3 VI	30 V	4 VI	30 V	2 VI	7,8
Светоч	3 VI	26 V	31 V	28 V	4 VI	1 VI	31 V	11,2
Ресурс	4 VI	25 V	1 VI	27 V	2 VI	28 V	30 V	13,0
Бирюза	3 VI	28 V	1 VI	26 V	3 VI	28 V	30 V	11,4
Казанская 285	11 VI	1 VI	4 VI	2 VI	6 VI	3 VI	5 VI	10,2
Московская 39	6 VI	1 VI	4 VI	4 VI	5 VI	2 VI	4 VI	5,4
Базальт	4 VI	29 V	1 VI	28 V	4 VI	29 V	31 V	10,0
Марафон	2 VI	23 V	30 V	26 V	1 VI	27 V	29 V	13,5
Харьковская 92	3 VI	29 V	2 VI	29 V	3 VI	30 V	1 VI	7,7
Мироновская 808	6 VI	1 VI	4 VI	30 V	5 VI	30 V	2 VI	9,2
Среднее	5 VI	30 V	2 VI	30 V	4 VI	30 V	1 VI	9,4
От-до	2 VI- 11 VI	23 V- 2 VI	30 V- 4 VI	26 V- 4 VI	1 VI- 6 VI	27 V- 3 VI	29 V - 5 VI	-
Количество дней	10	11	6	10	6	8	8	-
V, %	6,2	11,9	4,9	8,6	3,9	6,0	6,9	-

Средняя дата наступления колошения исследуемой культуры за 6-и летний период исследований – 1 июня. Наиболее ранним колошением характеризовался сорт Марафон (29 мая), наиболее поздним – сорт Казанская 285 (5 июня).

Сорта Волжская К, Волжская 16 и Санта во все годы исследований входили в одну и ту же группу среднеспелых пшениц (таблица 25). Остальным сортам озимой мягкой пшеницы было свойственно менять группы спелости. Сорт Марафон в 2013, 2016 гг. входил в группу среднеранних пшениц, в остальные годы исследований – раннеспелых. Скороспелость данного сорта обусловлена генетически. В его генеалогии имеется известный донор скороспелости – сорт озимой пшеницы болгарской селекции Русалка [Рабинович С.В., 1992]. В группы среднеспелых, среднепоздних и позднеспелых пшениц в разные годы входили сорта Казанская 285, Московская 39, колошение которых наступало на 1-6 суток позже стандарта. Сорт озимой мягкой пшеницы Светоч за весь период исследований входил во все группы спелости, за исключением позднеспелой.

Таблица 25 – Дифференциация сортов озимой пшеницы по группам спелости

Сорт	Год исследований						Среднее
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Волжская К, стандарт	■	■	■	■	■	■	■
Волжская 16	■	■	■	■	■	■	■
Волжская 100	■	■	■	■	■	■	■
Волжская Сз	■	■	■	■	■	■	■
Безенчукская 380	■	■	■	■	■	■	■
Санта	■	■	■	■	■	■	■
Светоч	■	■	■	■	■	■	■
Ресурс	■	■	■	■	■	■	■
Бирюза	■	■	■	■	■	■	■
Казанская 285	■	■	■	■	■	■	■
Московская 39	■	■	■	■	■	■	■
Базальт	■	■	■	■	■	■	■
Марафон	■	■	■	■	■	■	■
Харьковская 92	■	■	■	■	■	■	■
Мироновская 808	■	■	■	■	■	■	■

- раннеспелая
 - среднеранняя
 - среднеспелая
 - среднепоздняя
 - позднеспелая

Вариабельность сроков наступления колошения сортов озимой мягкой пшеницы, а также изменчивость положения по группе спелости одних сортов по отношению к другим указывает на проявление эффекта взаимодействия генотипа и среды.

Двухфакторным дисперсионным анализом (таблица 26) установлено, что доминирующее влияние на продолжительность вегетационного периода озимой мягкой пшеницы в зоне исследований оказывают условия среды (фактор *A*), вклад которого составляет 55,1 %. Среди исследуемых сортов озимой пшеницы установлено достоверное генетическое разнообразие по продолжительности периода вегетации. Доля влияния генотипа (фактор *B*) в изменчивости анализируемого показателя также весома и составляет 30,5 %. Это означает, что отборы в селекционном процессе озимой мягкой пшеницы по признаку «продолжительность периода вегетации» могут быть достаточно эффективны, а в производственных условиях при формировании сортовой структуры культуры важно

Таблица 26 – Результаты двухфакторного анализа изменчивости продолжительности вегетационного периода озимой мягкой пшеницы

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{ф.}$	F_{05}	Вклад фактора, %
Общая	3800,62	359	-	-	-	-
Повторений	1,40	3	0,47	1,12	2,70	0,04
Год (<i>A</i>)	2092,49	5	418,49	1005,75	2,30	55,1*
Генотип (<i>B</i>)	1158,21	14	82,73	198,82	1,85	30,5*
Взаимодействия <i>AB</i>)	437,43	70	6,25	15,02	1,44	11,5*
Остаток (ошибки)	111,10	267	0,42	-	-	2,97
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,23		НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,36				

*– достоверно на 5 % уровне значимости

учитывать группу спелости пшениц. Вклад взаимодействия генотип и среды составляет 11,5 %, что также статистически достоверно и указывает на возможное влияние сортовых агротехнологий на продолжительность периода вегетации исследуемой культуры.

В коллекционном питомнике первого набора сортообразцов озимой пшеницы во влажных условиях среды 2011 г. (ГТК весенне-летнего периода 1,5, приложение 2) преобладали среднеспелая и среднеранняя группы – 46 и 26 % пшениц соответственно (рисунок 34).

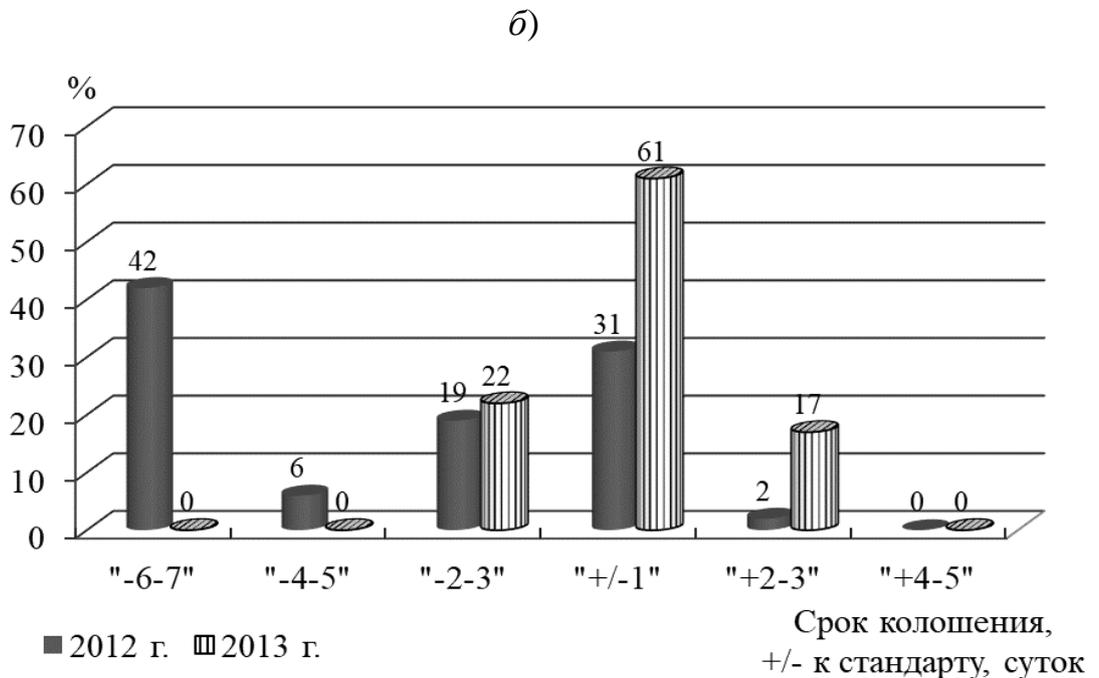
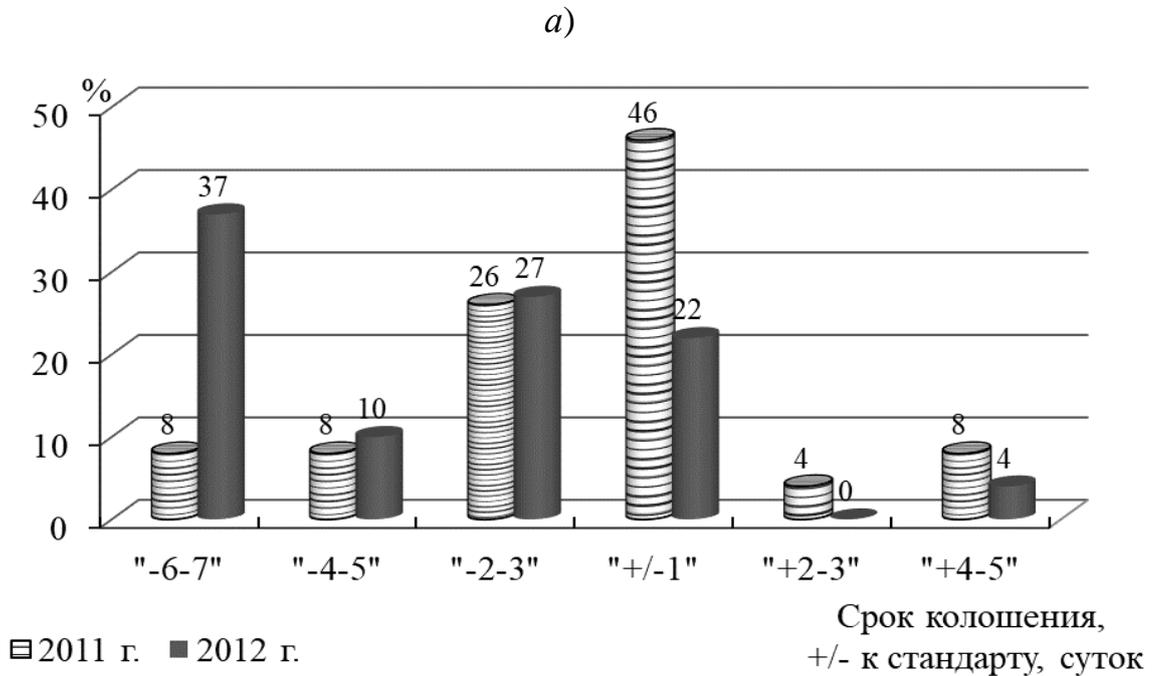


Рисунок 34 – Распределение озимых пшениц коллекционного питомника по группам спелости, 2011-2013 гг. (а – 1-й набор, б – 2-й набор)

В условиях дефицита влаги 2012 г. (ГТК весенне-летнего периода 0,9) и повреждения посевов культуры шведской мухой (приложение 7) отмечался общий сдвиг колошения озимой мягкой пшеницы в сторону скороспелости. Если в 2011 г. раннеспелые и ультрараннеспелые пшеницы составили 16 % (по 8 %), то в 2012 г. их было больше – 47 % (10 и 37 % соответственно). Позднеспелыми в 2011 г. проявили себя 8 % сортообразцов пшеницы, в 2012 г. – 4 %. Во втором наборе сортообразцов в 2012 г. также доминировали скороспелые пшеницы (в сумме 67 %) – ультрараннеспелой (42 %), раннеспелой (6 %) и среднеранней (19 %) групп (рисунок 34). В условиях недостаточного увлажнения весенне-летнего периода вегетации культуры в 2013 г. (ГТК 0,8, приложение 2) наибольшей по численности была группа среднеспелых пшениц – 61 %.

Среднеранние и среднепоздние пшеницы составили 22 и 17 % соответственно. Позднеспелые пшеницы в этом наборе сортообразцов отсутствовали в оба года исследований. Наиболее раннее колошение исследуемой культуры в ручном посеве отмечено в 2012 г. – в среднем по опыту 29 мая (таблица 27, приложения 3, 4).

В 2011 и 2013 гг. колошение озимой мягкой пшеницы в среднем по сортоиспытанию приходилось на 4 июня. Дружное колошение зафиксировано в 2013 г. – все образцы выколосились в течение 6 суток, одновременно со стандартом или на 2-3 дня ранее или позднее его. В 2011 г. колошение озимой мягкой пшеницы растянулось на 16 суток, чему во многом способствовали погодные условия майского периода вегетации культуры – температура воздуха была меньше на 2 °С, в сравнении с 2012 и 2013 гг., а осадков выпало более чем в 2 раза (приложение 1). В 2012 г. колошение озимой пшеницы также было растянутым (20 суток, с 22 мая по 10 июня), причиной чему явилась сортовая дифференциация по устойчивости к шведской мухе (приложения 3, 4).

Среди изученного сортимента озимых пшениц мировой коллекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья позднеспелостью характеризовались сорта Германии (таблица 27, приложения 3, 4). Пшеницами разных групп спелости были представлены сортообразцы Украины.

Таблица 27 – Дата колошения сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения

Происхождение пшениц	Дата колошения, от-до			
	1-й набор		2-й набор	
	2011 г.	2012 г.	2012 г.	2013 г.
Волжская К, стандарт	5 VI	2 VI	2 VI	4 VI
Россия, Северный Кавказ	-	-	25 V-3 VI	2 VI-5 VI
Россия, Сибирь	-	-	30V-3VI	2VI-5VI
Украина	29 V-11 VI	23 V-3 VI	24 V-31 VI	2 VI-6 VI
Германия	12 VI-13 VI	8 VI-10 VI	-	-
Венгрия	2 VI-6 VI	2 VI	-	-
Болгария	1 VI-4 VI	24 V-30 V	-	-
Сербия	6 VI	27 V-3 VI	-	-
Китай	29 V-7 VI	23 V-1 VI	-	-
США	-	-	22 V-2 VI	1 VI-4 VI
Япония	-	-	27 V-31 V	1 VI-5 VI
Эстония, Латвия	-	-	26 V-4 VI	4 VI-6 VI
Молдавия	3 VI	26 V	-	-
Среднее	4 VI	29 V	29 V	4 VI
V, %	8,9	13,4	12,9	4,3
От-до	29 V-13 VI	22 V-10 VI	22 V-10 VI	1 VI-6 VI
Количество суток	16	20	20	6

Раннеспелостью и среднеспелостью характеризовались пшеницы Китая и Японии, Болгарии, северокавказского региона России. На уровне среднеспелого стандарта выколашивались пшеницы сибирского региона страны.

Ранним колошением (на 2-11 суток в сравнении со стандартом) характеризовались пшеницы Виктория 95, Авеста (Россия), Vdachna, Shestopalivka, Myropol, Dukanka, Dashenka, Lytavinka (Украина), Svilena, Emoile (Болгария), KS 96 WGRC 37, KS 96 WGRC 40, Pacer (США), Kitami 46 (Япония) и ряд образцов из Китая (таблица 28). В позднеспелую группу пшениц вошли германские сорта Akter и Compliment, колошение которых наступало на 5-8 дней позднее стандарта.

Межгенотипические коэффициенты вариации периода вегетации озимой пшеницы в ручном посеве изменялись от 4,3 % в 2013 г. до 13,4 % в 2012 г., что свидетельствует о слабой и средней степени изменчивости данного показателя (см. таблицу 27).

Таблица 28 – Скороспелые и позднеспелые сортообразцы озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника

Сортообразец	Страна	+/- суток к стандарту		Сортообразец	Страна	+/- суток к стандарту	
2011-2012 гг., 1-й набор сортообразцов							
Волжская К, стандарт		5 VI	2 VI	Xiao Yan 6	Китай	-8	-8
Myropol	Украина	-5	-7	Ji Mai 36	Китай	-8	-11
Vdyachna	Украина	-8	-11	Yu Mai 18	Китай	-4	-4
Shestopalivka	Украина	-5	-11	Yu Mai 30	Китай	-7	-11
Dashenka	Украина	-2	-6	Yu Mai 31	Китай	-5	-3
Lytavinka	Украина	-2	-6	Zhong Pin 1535	Китай	-4	-10
Emoila	Болгария	-5	-10	Akter	Германия	+8	+7
Svilena	Болгария	-4	-4	Compliment	Германия	+7	+5
2012-2013 гг., 2-й набор сортообразцов							
Волжская К, стандарт		2 VI	4 VI	KS 96 WGRC 37	США	-10	-3
Виктория 95	Россия	-4	-2	KS 96 WGRC 40	США	-10	-3
Авеста	Россия	-7	-2	Pacer	США	-9	-3
Dukanka	Украина	-6	-2	Kitami 46	Япония	-3	-3

Таким образом, в условиях лесостепи Среднего Поволжья установлена достоверная положительная корреляционная связь сильной степени между датой наступления колошения озимой пшеницы и датой её созревания ($r = 0,70 \pm 0,26$), что позволяет считать фазу колошения надёжным критерием определения группы спелости пшеницы. Среди исследуемого сортимента озимых пшениц отечественной селекции, возделываемых в Ульяновской области, наибольшими по численности являются среднеспелая (54 % сортов) и среднеранняя (34 % сортов) группы. Раннеспелостью и среднеспелостью характеризуются пшеницы Китая, Японии, Болгарии, северокавказского региона России, среднеспелостью – сорта сибирского региона страны, позднеспелостью – сорта Германии, разных групп спелости – сортообразцы Украины. Установлено, что срок наступления колошения озимой мягкой пшеницы в сортоиспытаниях разных лет характеризуется слабой и средней степенью изменчивости (V до 20 %). Наибольший вклад в изменчивость дан-

ного показателя вносят условия среды (55,1 %), наименьший – эффект взаимодействия генотипа и среды (11,5 %). Влияние генотипа в продолжительности вегетации исследуемой культуры достаточно велико – 30,5 %. Это означает, что по данному показателю отборы в селекционном процессе озимой мягкой пшеницы могут быть достаточно эффективны. Ценность для селекции культуры на продолжительность вегетационного периода в лесостепи Среднего Поволжья представляет выделенный исходный материал различного эколого-географического происхождения. При подборе сорта озимой мягкой пшеницы для производственного использования группу спелости следует считать важным критерием его адаптивности и хозяйственной годности. Достоверный вклад эффекта взаимодействия генотипа и среды (11,5 %) указывает на возможное влияние сортовых агротехнологий на продолжительность периода вегетации озимой пшеницы, а также на необходимость наличия в производстве по данному показателю сортового разнообразия.

4.2.2 Вегетационный период и зимостойкость

Исследованиями К.В. Коледы с соавторами (2012) установлено, что «скороспелым сортам озимой пшеницы зачастую свойственна слабая зимостойкость». По сообщениям Г.Д. Набокова (2000, 2001) и О.Ю. Леонова (2012), высокий уровень морозо- зимостойкости сортов озимой пшеницы сопряжен с их позднеспелостью. Тем не менее, отдельные авторы [Кривобочек В.Г., 2012; Соколенко Н.И., 2016] указывают о выделенном в ходе изучения исходном материале озимой пшеницы, сочетающем и скороспелость, и высокую зимостойкость.

В проведенных нами исследованиях 2011 и 2012 гг., в 1-м наборе сортообразцов озимой мягкой пшеницы лучшая зимостойкость отмечена у раннеспелой группы – 3,5 и 4,2 балла соответственно (таблица 29). У 2-го набора сортообразцов в 2012 г. исследований почти равную зимостойкость показали среднеспелые, среднеранние, раннеспелые и ультраранние пшеницы – 4,3-4,4 балла.

В 2013 г. лучшей по зимостойкости была среднеспелая группа пшениц – её устойчивость к выпреванию составила 3,1 балла, в сравнении со среднеранней

Таблица 29 – Морфобиологические показатели сортообразцов озимой мягкой пшеницы различных групп спелости

Год исследований	Ультра-ранняя	Ранне-спелая	Средне-ранняя	Средне-спелая	Средне-поздняя	Поздне-спелая
Зимостойкость (балл)						
2011 г.	2,9	3,5	3,3	3,1	2,5	3,1
2012 г. (1-й набор)	3,6	4,2	3,4	3,4	-	2,8
2012 г. (2-й набор)	4,3	4,3	4,4	4,4	3,0	-
2013 г.	-	-	2,8	3,1	1,9	-
Высота растений, см						
2011 г.	66	68	70	74	72	77
2012 г. (1-й набор)	47	50	46	53	-	54
2012 г. (2-й набор)	50	48	66	71	62	-
2013 г.	-	-	65	67	57	-
Масса 1000 зерен, г						
2011 г.	44,0	38,9	40,2	41,0	42,4	39,6
2012 г. (1-й набор)	37,1	36,9	34,8	33,5	-	29,4
2012 г. (2-й набор)	36,1	34,9	34,1	33,0	33,3	-
2013 г.	-	-	36,1	36,7	31,7	-

и среднепоздней группами – 2,8 и 1,9 баллов соответственно.

Сочетанием повышенной и высокой зимостойкости (4,0-5,0 баллов) и скороспелости (-2-10 суток в сравнении со стандартом) характеризовались пшеницы: Виктория 95 (Россия), Myropol, Dashenka, Lytavinka (Украина), Emola (Болгария), Zhong Pin 1535 (Китай) (таблица 30, приложения 3, 4). Все они являются ценным исходным материалом для селекции озимой мягкой пшеницы на сочетание зимостойкости и скороспелости в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Интерес для селекции озимой мягкой пшеницы представляют также сортообразцы характеризующиеся среднеспелостью и повышенным и высоким уровнем зимостойкости (4,0-5,0 баллов) – Mykolaivka, Manzhelija (Украина), Новосибирская 32, Бийская озимая, Кулундинка, Лютесценс 4 (Россия). Позднеспелые пшеницы Akter, Compliment (Германия) в зоне проведения исследований показали низкую (2,0-2,5 балла) и среднюю зимостойкость (3,0-4,0 балла) соответственно (приложение 3).

Таблица 30 – Скороспелые сортообразцы озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника с высокой зимостойкостью

Сортообразец	Страна	Колошение «-» суток к стандарту		Зимостойкость, балл	
		2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
1-й набор сортообразцов					
Волжская К, стандарт.		5 VI	2 VI	4,5	5,0
Myropol	Украина	-5	-7	4,0	4,0
Dashenka	Украина	-2	-6	4,0	4,0
Lytavinka	Украина	-2	-6	4,0	5,0
Emoila	Болгария	-5	-10	4,0	4,0
Zhong Pin 1535	Китай	-4	-10	4,0	5,0
Среднее		4VI	29V	3,1	3,5
2-й набор сортообразцов					
		2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
Волжская К, стандарт		2VI	4VI	5,0	5,0
Виктория 95	Россия	-4	-2	5,0	4,0
Среднее		29V	4VI	4,2	2,8

В сеялочном посеве среди сортов озимой пшеницы отечественной селекции, наиболее чёткая дифференциация по зимостойкости отмечена в 2011, 2012, 2013 и 2015 гг. (см. таблицу 15). В самых многочисленных среднеспелой и среднеранней группах пшениц (см. таблицу 23) в сортоиспытании 2011 г. установлена одинаковая зимостойкость 3,9 балла, в 2012 г. – 4,9 и 4,4 балла, в 2013 г. – 3,3 и 3,7 балла, в 2015 г. – 4,8 и 4,4 балла соответственно. Более высокий уровень зимостойкости в одни годы показывали среднеспелые пшеницы, в другие – среднеранние. У раннеспелых сортов Ресурс, Бирюза и Марафон средняя зимостойкость за 2011-2016 гг. исследований составила 4,2 балла в сравнении с зимостойкостью среднеспелого сорта-стандарта Волжская К и среднепозднего сорта Казанская 285 – 4,7 и 4,6 балла соответственно.

В ходе корреляционно-регрессионного анализа в сеялочном посеве в 2011-2013 гг. и в 2015 г. установлены положительные слабой и средней степени связи между сроком наступления колошения озимой пшеницы и зимостойкостью (приложение 5). В среднем за указанный период исследований связь между анализи-

руемыми показателями положительная, сильная, достоверная на 1 % уровне значимости – $r = 0,73 \pm 0,19$. Изменение даты наступления колошения озимой пшеницы в зависимости от зимостойкости описывается уравнением регрессии вида $y = 4,5628x + 14,373$, что при $R^2 = 0,5263$ является статистически достоверным (рисунок 35). Это означает, что увеличение или уменьшение зимостойкости на 1 балл вызывает соответственно более позднее или более раннее колошение озимой пшеницы на 4-5 суток.

Согласно регрессионной модели при зимостойкости озимой пшеницы в 5,0 баллов её колошение будет приходиться на 6-7 июня, что характерно для средне-поздних-позднеспелых пшениц (средний срок колошения стандарта Волжская К – 3 июня). Однако, эти группы пшениц в зоне проведения исследований не характеризуется высокой урожайностью, о чем будет рассмотрено в разделе 4.2.3.

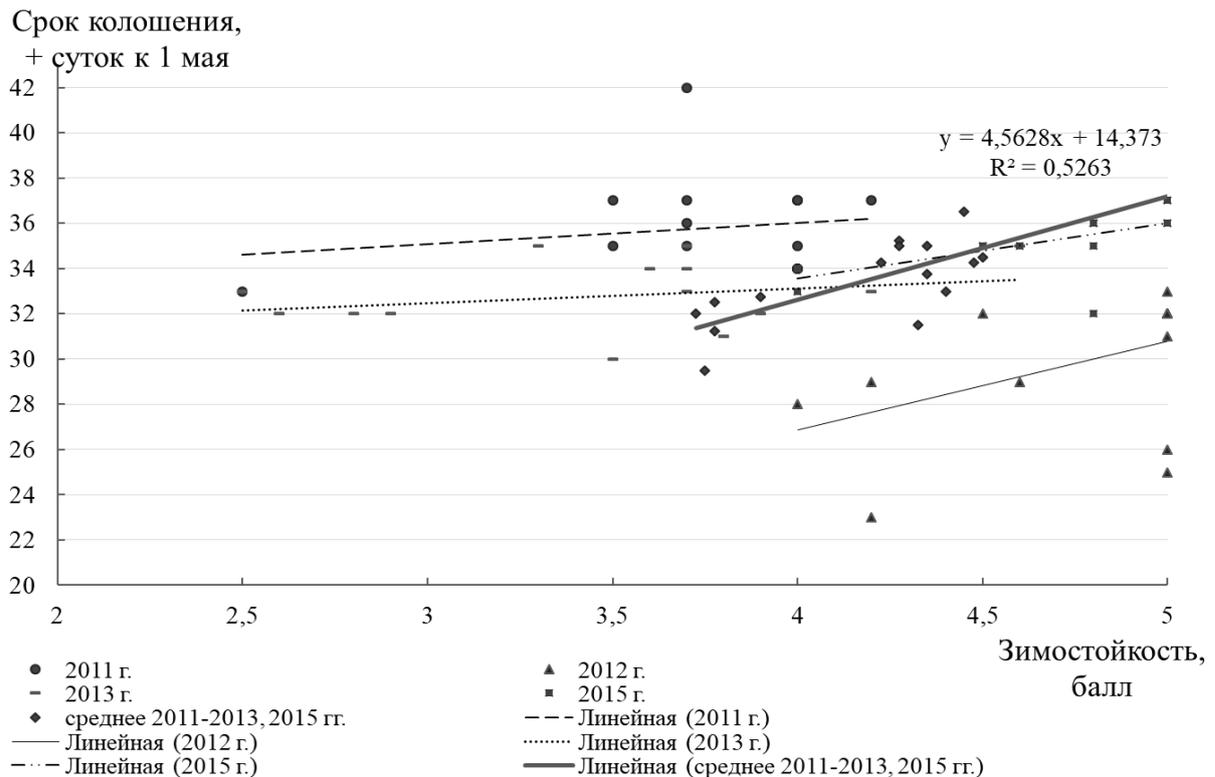


Рисунок 35 – График корреляционно-регрессионной зависимости срока колошения озимой мягкой пшеницы от зимостойкости (сеялочный посев)

Корреляционным анализом между сроком колошения и зимостойкостью коллекционных сортообразцов озимой мягкой пшеницы во все годы исследований установлены, наоборот, отрицательные связи (приложение 6). Они показывают преимущество скороспелых пшениц по зимостойкости, хотя эти связи статистически не достоверны. По-видимому, такое противоречие объясняется происхождением изучаемого сортимента пшениц. Можно предполагать, что сорта сеялочного посева в целом имеют высокую зимостойкость по причине более глубокого их покоя в период зимовки. Это преимущественно сорта лесостепной и степной зоны выведения России и Украины (см. таблицу 6), полученные отбором в условиях иногда суровых зим. Более глубокий зимний покой приводит к более позднему возобновлению весенней вегетации и колошению сортов. Коллекционный питомник представлен в большинстве своем сортообразцами озимой пшеницы Украины, западноевропейских стран, Азии и других регионов, для которых характерны мягкие условия зимы. В силу сложившихся природных условий их выведения пшеницам этих стран глубокий покой, как правило, не характерен. В случае благоприятной перезимовки они рано возобновляют вегетацию весной и, как следствие, часто проявляют скороспелость. Если же растения таких пшениц получают повреждения в ходе перезимовки, то их вегетация может затягиваться, вследствие регенерационных процессов. Примером могут служить сорта Akter, Compliment (Германия) со слабой зимостойкостью и поздним колошением.

Таким образом, в условиях лесостепи Среднего Поволжья в разные годы преимущество по зимостойкости могут иметь среднеспелые, среднеранние и раннеспелые пшеницы, на что следует обращать внимание при формировании сортовой структуры производственных посевов культуры. Для использования в селекционном процессе озимой пшеницы в зоне проведения исследований выделен ценный исходный материал, сочетающий раннеспелость и среднеспелость с повышенным и высоким уровнем зимостойкости. Выявлено, что повышение зимостойкости на 1,0 балл вызывает увеличение периода вегетации озимой пшеницы на 4-5 дней. Зимостойкости озимой мягкой пшеницы в 5,0 баллов, согласно линейному тренду, соответствуют среднепоздние-позднеспелые пшеницы.

4.2.3 Вегетационный период и урожайность

Вопрос сочетания урожайности и длины вегетационного периода у пшеницы носит противоречивый характер. Известна общебиологическая закономерность: с увеличением вегетационного периода увеличивается продолжительность работы фотосинтетического аппарата растений и, как следствие, повышается урожайность возделываемых сортов [Носатовский А.И., 1965; Agoston T., 2005]. С.Ф. Коваль (2005) с соавторами считают, что из-за сокращения времени вегетации скороспелые сорта пшеницы проигрывают более позднеспелым в количестве плодов и продуктивных метамеров. Однако, как считают некоторые исследователи [Андрияш Н.В., 1984; Botezan V., 1986; Коледа К.В., 2012; Коновалов Ю.Б., 2013; Blum, A., 2018], физиологическая несовместимость скороспелости и высокой урожайности не является абсолютной, и указанная отрицательная связь может быть преодолена селекционным путем. Также известно, что при наличии стрессовых факторов внешней среды (засуха, болезни, вредители и др.) скороспелые сорта пшеницы быстрее проходят уязвимые периоды и формируют более высокую урожайность, в сравнении с позднеспелыми [Ковтун В.И., 2001; Кривобочек В.Г. 2012; Беспалова Л.А., 2014; Захарова Н.Н., 2015].

В ходе корреляционных анализов во все годы исследований в сеялочном и ручном посевах были установлены разнонаправленные связи слабой и средней степени между урожайностью и сроком наступления колошения (приложения 5 и 6). Статистически достоверной (на 1 % уровне значимости) оказалась лишь отрицательная связь средней силы между рассматриваемыми показателями в сортоиспытании коллекционного питомника в 2013 г. – $r = -0,47 \pm 0,14$, что указывает на преимущество скороспелых пшениц по урожайности в исследуемом году.

Установлено, что в разные годы высокопродуктивными в условиях лесостепи Среднего Поволжья могут быть раннеспелые, среднеранние и среднеспелые сорта. Так, в сеялочном посеве среди сортимента озимых пшениц отечественной селекции в 2011, 2012, 2014 и 2015 гг. преимущество по урожайности имела среднеспелая группа (таблица 31). В 2013 г. по урожайности среднеспелую

группу (2,04 т/га) превзошла среднеранняя группа пшеницы (2,51 т/га). По-видимому, это было связано с засушливыми явлениями условиями в мае, июне и июле (ГТК 0,8, 0,7 и 0,8 соответственно, приложение 2), что позволило скороспелым сортам «уйти» от засухи с наименьшими потерями продукционного потенциала.

В 2016 г. самой урожайной была раннеспелая группа пшениц (5,59 т/га), в сравнении со среднеспелой (5,01 т/га) и среднепоздней (3,33 т/га). В анализируемом году было отмечено сильное полегание, которое, сопряжено главным образом с высотой растений пшеницы (приложение 7). Скороспелые пшеницы, среди которых сорта Бирюза и Марафон, имеющие меньшую высоту растений (92 и 93 см соответственно) и среднюю устойчивость к полеганию (3,0 балла), обеспечили своей группе наивысшую урожайность – 5,59 т/га.

Таблица 31 – Урожайность озимой мягкой пшеницы в зависимости от группы спелости сортов

Год исследований	Ультра-ранняя	Ранне-спелая	Средне-ранняя	Средне-спелая	Средне-поздняя	Поздне-спелая
сеялочный посев, т/га						
2011	-	1,98	3,73	3,84	-	-
2012	-	1,72	1,44	1,89	-	-
2013	-	-	2,51	2,04	2,34	-
2014	-	4,28	4,01	4,04	3,82	-
2015	-	-	2,45	2,49	-	-
2016	-	5,59	5,23	5,01	3,33	-
ручной посев, г/м ²						
2011	173	323	356	359	258	257
2012, 1-й набор сортообразцов	128	324	209	251	-	202
2012, 2-й набор сортообразцов	233	214	222	270	118	-
2013	-	-	211	113	37	-

Полегание 2014 г. также отрицательно сказалось на уровне урожайности среднепоздней группы пшениц – 3,82 т/га.

В сортоиспытании коллекционного питомника во влажном 2011 г. преиму-

щество по урожайности имели среднеспелая и среднеранняя группы пшениц – 359 и 356 г/м² соответственно (см. таблицу 31). В засушливом 2012 г., когда повреждающее действие кроме засухи оказала также шведская муха, лучшей по урожайности была раннеспелая группа – 324 г/м² (1-й набор сортообразцов). В остро-засушливом 2013 г., наибольшей урожайностью характеризовались среднеранние пшеницы – 211 г/м².

Полиномиальные линии тренда второй степени, полученные в ходе регрессионного анализа (рисунок 36) также указывают на то, что в условиях Ульяновской области в разные годы могут быть урожайными среднеспелые, среднеранние и раннеспелые пшеницы. Линии тренда 2012 г. (1-й набор сортообразцов) и 2013 г., описываемые соответственно уравнениями регрессии вида $y = -1,2697x^2 + 82,034x - 1072,6$ и $y = 6,418x^2 - 484,24x + 9185,9$ являются статистически достоверными на 5 % уровне значимости ($R^2 > 0,08$).

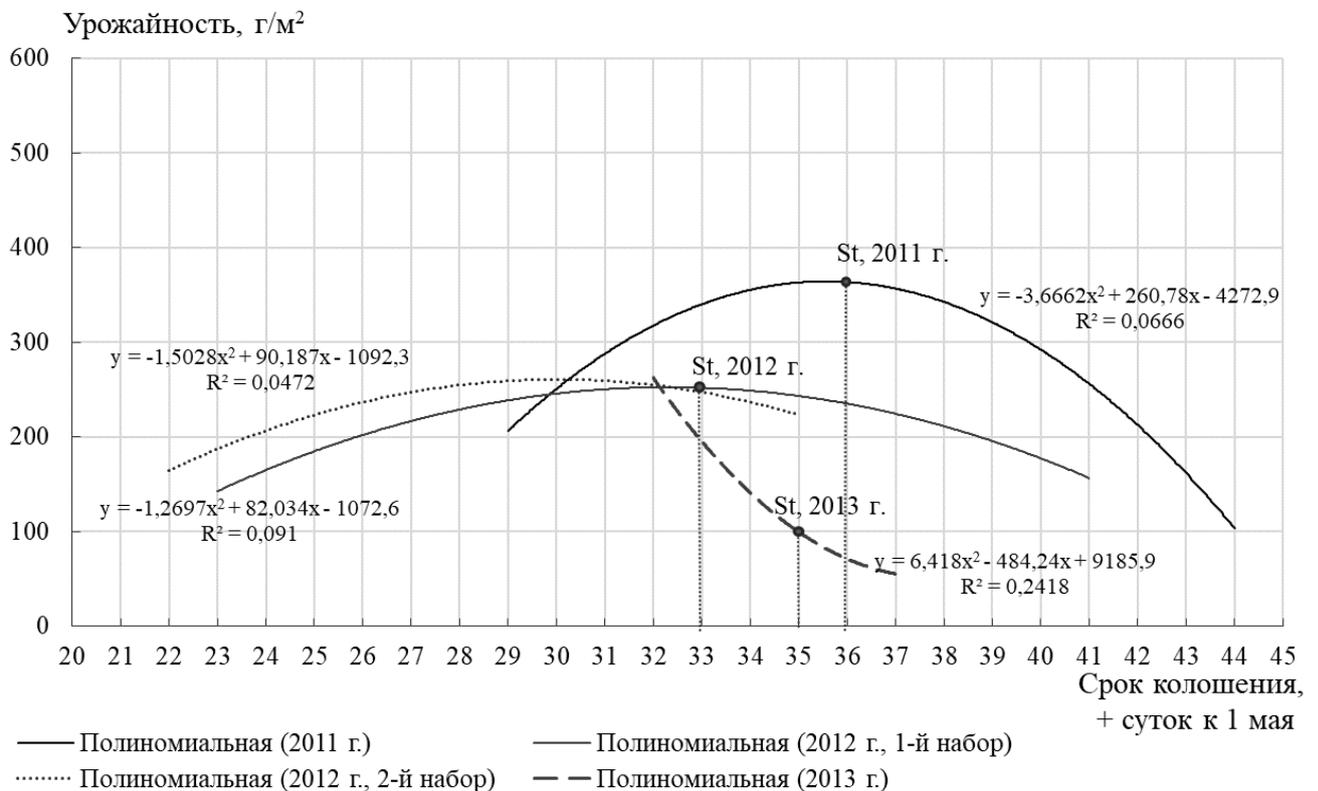


Рисунок 36 – График регрессионной зависимости урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы от срока колошения

Такие результаты исследования позволяют считать важным возделывание в производстве сортов озимой мягкой пшеницы различных групп спелости (средне-спелых, среднеранних и раннеспелых) с целью обеспечения стабилизации производства зерна культуры.

Высокую урожайность (467-663 г/м²) и скороспелость (колошение на 2-5 суток раньше стандарта) в оба года исследований сочетали немногие сорта пшеницы коллекционного питомника, среди которых Dashenka, Kalyanova, Lytavinka (Украина), Виктория 95 (Россия) (таблица 32, приложения 3, 4).

Таким образом, исходя из проведённых исследований можно заключить, что в лесостепи Среднего Поволжья в разные годы высокую урожайность могут формировать среднеспелые, среднеранние и раннеспелые сорта озимой мягкой пшеницы. Среднепоздние и позднеспелые сорта в последний месяц вегетации, как правило, попадают под «запал», что препятствует реализации их урожайного потенциала.

Таблица 32 – Скороспелые сорта озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника с высокой урожайностью

Сорт	Страна	Колошение «-» суток к стандарту		Урожайность, г/м ²		
		2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	среднее
1-й набор сортообразцов						
Волжская К, стандарт		5 VI	2 VI	630	367	498
Dashenka	Украина	-2	-6	730	338	534
Kalyanova	Украина	-2	-6	976	350	663
Lytavinka	Украина	-2	-6	633	300	467
Среднее		4VI	29V	328	222	275
2-й набор сортообразцов						
		2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Волжская К, стандарт		2VI	4VI	367	162	265
Виктория 95	Россия	-4	-2	360	626	493
Среднее		29V	4VI	239	126	183

Следовательно, для производственных условий региона необходимо разработать систему сортов с целью оптимизации посевов культуры по продолжительности вегетационного периода, что будет способствовать стабилизации урожайности, а также позволит расширить агротехнические сроки уборки. Исследованиями установлено, что возделываемый в настоящее время сортовой состав озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области представлен, главным образом, среднеспелыми и, в меньшей степени, среднеранними сортами. Для создания скороспелых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья выделен ценный исходный материал, в том числе в сочетании с высокой продуктивностью – сорта Dashenka, Kalyanova, Lytavinka (Украина), Виктория 95 (Россия).

4.2.4 Вегетационный период и масса 1000 зёрен

Более длительная продолжительность межфазного периода колошение-созревание обычно наблюдается у скороспелых сортов озимой пшеницы, что нередко способствует формированию крупного, хорошо выполненного зерна [Четвертакова Н.Н., 1995]. У позднеспелых же сортов зачастую меньше возможностей для полноценного налива, особенно в засушливых условиях выращивания, когда пшеница попадает «запал» и зерно формируется мелкое, щуплое, с низким значением показателя масса 1000 зерен [Лыфенко С.Ф., 2020]. Однако, как сообщают В.Ф. Дорофеев с соавторами (1987), при медленном развитии растений после колошения, то есть в условиях, благоприятствующих интенсивной работе фотосинтетического аппарата и активному процессу аккумуляции накопленных продуктов фотосинтеза в зерне, что характерно для среднепоздних и позднеспелых сортов, крупность зерна возрастает.

Рассматривая показатель массы 1000 зерен по группам спелости пшениц (см. таблицу 29) можно отметить, что в 2011 г. исследований наиболее крупное зерно формировала ультраранняя группа сортообразцов (масса 1000 зерен 44,0 г), мелкое – раннеспелая (масса 1000 зерен 38,9 г) и среднепоздняя группы (масса 1000 зерен 39,6 г). В 2012 г. лучшей по крупности были также ультраранняя груп-

па (масса 1000 зерен 37,1 г и 36,1 г, 1-й и 2-й наборы соответственно). Мелкое зерно в этом году исследований формировали позднеспелые (масса 1000 зерен 29,4 г, 1-й набор) и среднепоздние пшеницы (масса 1000 зерен 33,3 г, 2-й набор). В 2013 г. исследований наиболее крупное зерно сформировали среднеспелые пшеницы (масса 1000 зерен 36,7 г), а мелким зерном характеризовалась среднепоздняя группа (масса 1000 зерен 31,7 г).

Корреляционно-регрессионным анализом во все годы исследований в коллекционном питомнике установлены отрицательные связи слабой и средней степени между массой 1000 зерен и датой наступления колошения (рисунок 37, приложение 6). Достоверность связей подтверждена лишь в 2012 г. – $r = -0,45 \pm 0,13$ (1-й набор), значима на 1 % уровне и $r = -0,30 \pm 0,14$ (2-й набор), значима на 5 % уровне. Причиной этому, вероятно, было растянутое колошение вследствие повреждения посевов озимой пшеницы шведской мухой (приложения 3, 4).

В сеялочном посеве среди сортифта пшениц отечественной селекции достоверность связи между сроком колошения и массой 1000 зерен установлена также лишь в 2012 г. – $r = -0,59 \pm 0,22$ (связь отрицательная, средней силы, значимая на 5 % уровне). В остальные годы исследований характер связей менялся и их достоверность статистически не подтверждена (приложение 5).

Изменение массы 1000 зёрен в зависимости от срока колошения описывается уравнением регрессии вида $y = -0,2554x + 45,482$ (рисунок 37б). Это означает, что запаздывание колошения озимой мягкой пшеницы на 4 дня приводит к снижению массы 1000 зерен на 1 г и, наоборот. Однако, эта зависимость также статистически не подтверждена ($R^2 < 0,232$).

Проведёнными исследованиями можно констатировать, что скороспелые сорта озимой мягкой пшеницы не всегда формируют крупное зерно. Так, раннеспелые сорта сеялочного посева Марафон и Ресурс характеризовались крупнозерностью – масса 1000 зерен за 2011-2016 гг. исследований соответственно 37,1 и 37,2 г при значении данного показателя стандарта 36,4 г (см. таблицы 24 и 25, приложение 8). При этом, также раннеспелый сорт Бирюза формировал зерно средней крупности-мелкое (масса 1000 зерен 33,8 г).

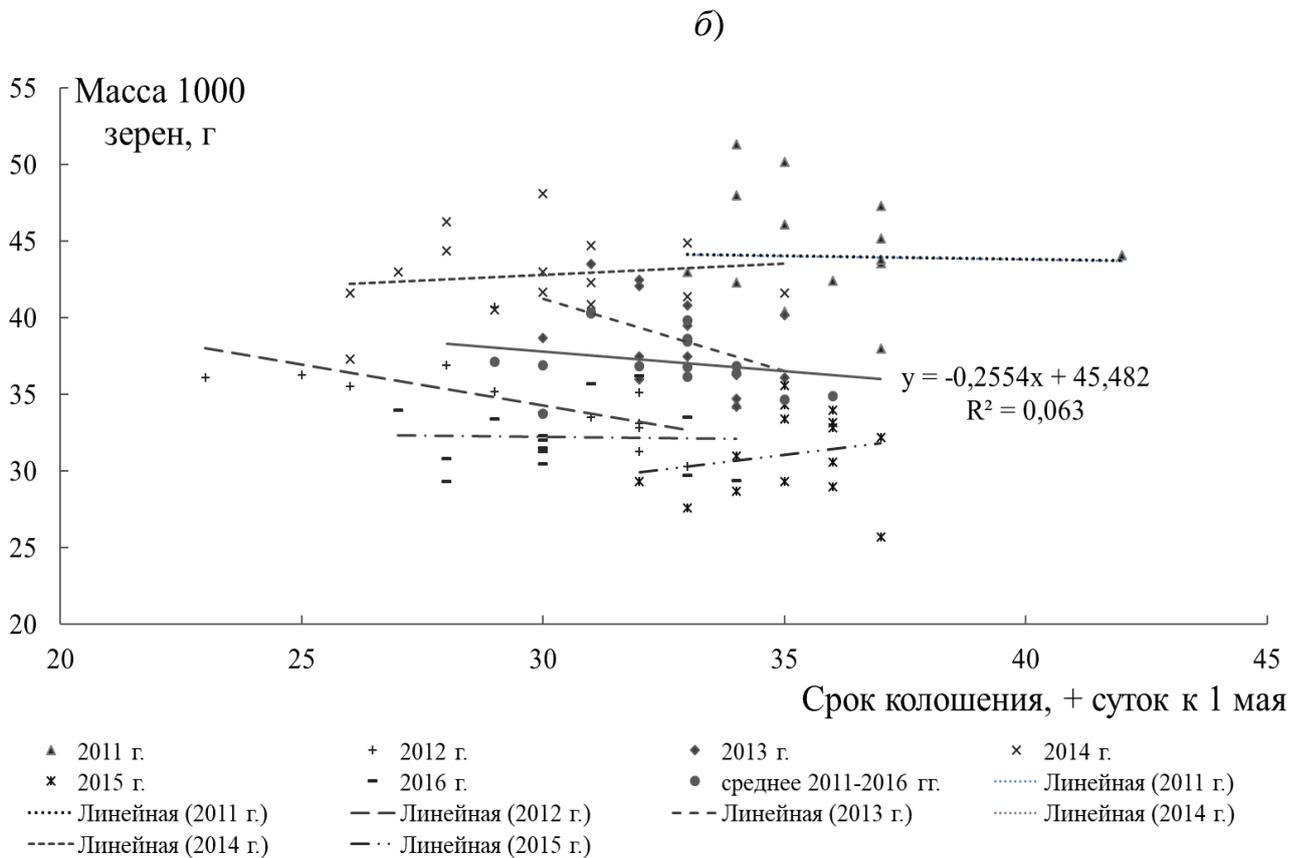
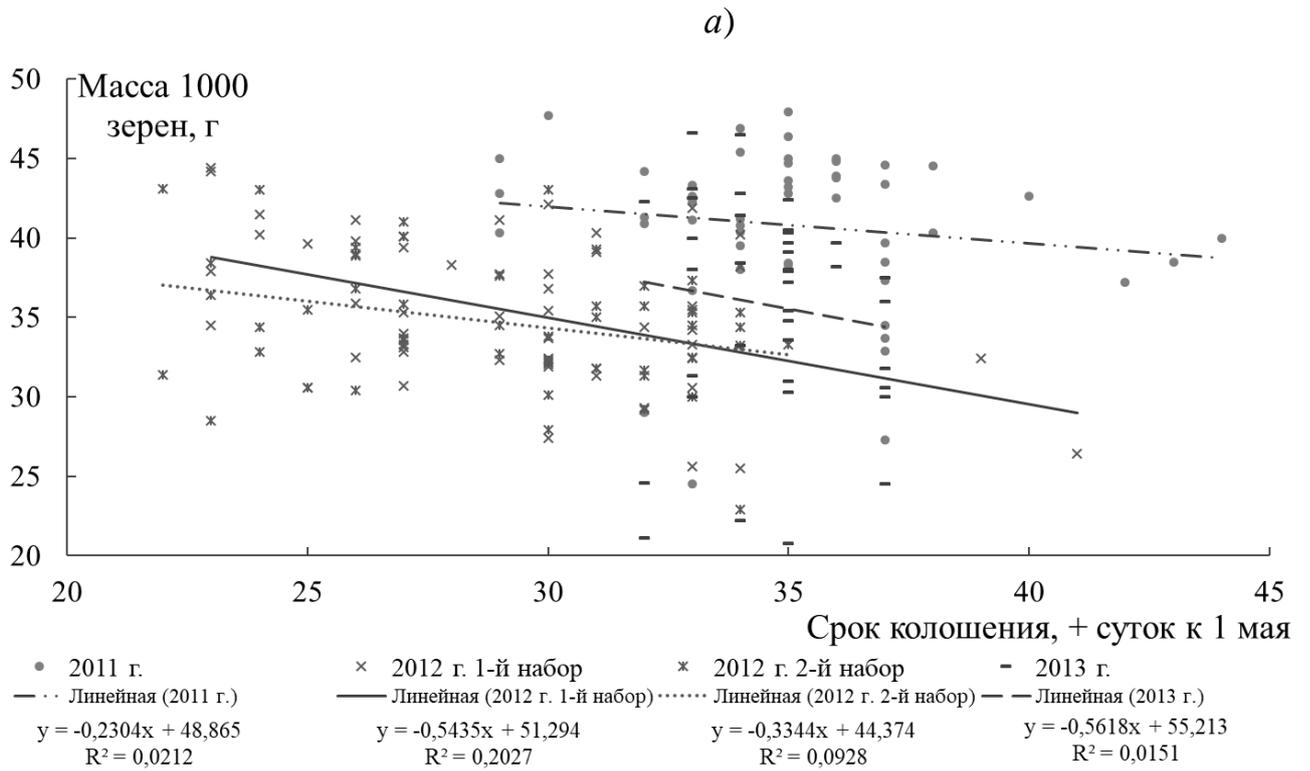


Рисунок 37 – Графики корреляционно-регрессионной зависимости массы 1000 зёрен озимой пшеницы от срока колошения (а – ручной посев, б – сеялочный посев)

Сорта озимой пшеницы Казанская 285 и Московская 39, проявляющиеся себя в отдельные годы позднеспелыми и среднепоздними, характеризовались зерном средней крупности – масса 1000 зерен 34,9 г и 34,7 г соответственно.

Среди позднеспелых сортов мировой коллекции крупнозерные пшеницы отсутствовали (приложения 3, 4). Сочетанием крупного зерна (масса 1000 зерен 36,8-47,9 г) и скороспелости (-2-11 суток по отношению к стандарту) выделились Dashenka, Kalyanova, Vdachna, Shestopalivka, Khersonska bez, Dukanka (Украина), Kolumka (Молдавия), Emoila (Болгария), Yu Mai 31, Zhong Pin 1535 (Китай), Ситная (Россия), превысившие стандарт по анализируемому показателю на 1,2-5,3 г (таблица 33).

Таблица 33 – Скороспелые сортообразцы озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника с высоким значением массы 1000 зерен

Сортообразец	Страна	Срок колошения «-» дней к стандарту		Масса 1000 зерен, г			
		2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	среднее	+ к стандарту
Волжская К, стандарт		5 VI	2 VI	42,8	35,7	39,3	-
Dashenka	Украина	-2	-6	46,9	39,4	43,2	3,9
Kalyanova	Украина	-1	-6	47,9	41,1	44,5	5,2
Vdachna	Украина	-8	-11	45,0	44,2	44,6	5,3
Shestopalivka	Украина	-5	-11	41,3	44,4	42,9	3,6
Khersonska bez	Украина	-2	-8	41,2	39,8	40,5	1,2
Kolumka	Молдавия	-2	-8	45,4	41,1	43,3	4,0
Emoila	Болгария	-5	-10	44,2	41,5	42,9	3,6
Yu Mai 31	Китай	-5	-3	47,7	39,1	43,4	4,1
Zhong Pin 1535	Китай	-4	-10	42,3	40,2	41,3	2,0
Среднее		4 VI	29 V	40,8	35,3	38,1	-
		2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	-	-
Волжская К, стандарт		2 VI	4 VI	35,7	37,9	36,8	-
Ситная	Россия	-7	-2	36,8	42,5	39,7	2,9
Dukanka	Украина	-7	-2	38,9	43,1	41,0	4,2
Среднее		29 V	4 VI	34,7	36,0	35,4	-

Все они представляют собой ценный исходный материал для селекции озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья на сочетание скороспелости и крупнозерности.

Таким образом, масса 1000 зерен, как показатель крупности зерна, может быть обусловлена продолжительностью периода вегетации озимой пшеницы. В силу частых засух и засушливых явлений крупнозерность в Среднем Поволжье в большей степени характерна для скороспелых пшениц и, наоборот, мелкое зерно, как правило, формируют среднепоздние и позднеспелые пшеницы.

В связи с тенденцией повышения температуры воздуха и уменьшения увлажненности в весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы (см. раздел 3.1, рисунки 28, 29), по-видимому, в производственных условиях Ульяновской области целесообразно формировать сортовой состав культуры с использованием более скороспелых генотипов.

Выделившиеся сортообразцы озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения, сочетающие скороспелость и крупнозерность, рекомендуются в качестве исходного материала для использования в селекционном процессе культуры в зоне проведения исследований.

4.3 Высота растений озимой мягкой пшеницы

Согласно Н.П. Лоскутовой (2005), род *Triticum* L. характеризуется достаточно широким размахом изменчивости по высоте растений, что обеспечивает подбор и создание нового исходного материала, сочетающего в себе оптимальную высоту растений с другими хозяйственно-ценными показателями.

В селекции пшеницы начиная со второй половины XX века важнейшим направлением было создание короткостебельных сортов. Именно с использованием фактора короткостебельности, который обеспечил устойчивость к полеганию пшеницы, связывают достигнутое во многих странах мира резкое увеличение урожайности и валовых сборов зерна [Borojevic S., 1981; Лыфенко С.Ф., 1987; Тупицын Н.В., 2007; Borlaug N., 2007; Pujol-Andreu J., 2011; Poehlman J.M., 2013].

Высота растений озимой мягкой пшеницы является важным показателем, влияющим на продукционные процессы культуры и при отсутствии полегания. Как отмечают некоторые исследователи [Börner A., 1993; Тищенко В.Н., 2003; Araus J.L., 2008; Стасик О.О., 2013], имеется специфика органогенеза и процессов накопления и распределения пластических веществ в зависимости от высоты растений пшеницы.

4.3.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по высоте растений

Известно, что рост стебля пшеницы заканчивается в фазе цветения – начале налива зерна [Носатовский А.И., 1965; Коломейченко В.В., 2007]. В проведенных нами исследованиях 2011-2016 гг. цветение озимой мягкой пшеницы приходилось на первую декаду июня (см. 4.2.1). Было установлено, что условия увлажнения до цветения часто оказывают влияние на высоту растений исследуемой культуры. Избыточное увлажнение в период от ВВВ до цветения в 2011 и 2016 гг. (ГТК более 2) определило наибольшую высоту растений пшеницы среди других лет исследований – 95 и 114 см соответственно (таблица 34).

В 2013 и 2015 гг. исследований в анализируемый период увлажнение было недостаточным (ГТК 0,7 и 0,9 соответственно) и, как следствие, средняя высота растений пшеницы в опытах составила 71 и 75 см соответственно. В 2014 г. зафиксированы засушливые условия в период до цветения озимой пшеницы (ГТК 0,4), а высота растений была выше (89 см), чем в 2013 и в 2015 гг., главным образом за счет весенних запасов влаги, оставшихся после таяния снега. Высота растений озимой пшеницы в 2012 г. была наименьшей среди других лет исследований и составила – 51 см, причиной чему явился не дефицит влаги (ГТК 1,2), а повреждение посевов шведской мухой (*Oscinella frit* L.). Известно, что повреждение шведской мухой тормозит дальнейшее развитие растений зерновых злаковых культур [Орлов В.Н., 2006; Larsson, H., 2009]. Средняя высота растений озимой мягкой пшеницы в сортоиспытании сеялочного посева за весь период исследований (2011-2016 гг.) составила 82 см.

Таблица 34 – Высота растений (см) сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Год исследований						Среднее	Лимиты	V, %
	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Волжская К, стандарт	108	56	83	97	81	127	92	56-127	26,6
Волжская 16	104	55	84	101	86	122	92	55-122	24,8
Волжская 100	96	48	78	97	83	121	87	48-121	27,9
Волжская С3	85	52	80	89	71	127	84	52-127	29,6
Безенчукская 380	106	62	92	96	88	125	95	62-125	22,0
Санта	95	46	65	88	67	115	79	46-115	31,2
Светоч	100	41	66	91	65	98	77	41-100	30,4
Ресурс	95	44	58	84	70	98	75	44-98	28,6
Бирюза	85	40	55	76	60	92	68	40-92	29,0
Казанская 285	102	57	78	78	80	114	85	57-114	23,8
Московская 39	95	54	65	88	75	118	83	54-118	27,8
Базальт	93	53	68	95	72	118	83	53-118	28,0
Марафон	62	35	52	61	55	93	60	35-93	31,9
Харьковская 92	85	54	59	89	73	112	79	54-112	27,2
Мионовская 808	105	65	88	101	93	124	96	65-124	20,4
Среднее	95	51	71	89	75	114	82	51-114	26,3
НСР ₀₅ , см	11,3	8,8	7,4	3,5	2,3	2,5	6,4	-	-
V, %	14,6	16,5	17,6	12,1	14,0	10,8	-	-	-
ГТК за период ВВВ-цветение	2,1	1,2	0,7	0,4	0,9	2,1	-	-	-

По классификации, предложенной В.Ф. Дорофеевым с соавторами (1987), при выращивании в оптимальных агроэкологических условиях выделяют следующие группы пшениц по высоте растений: высокорослые (свыше 120 см), среднерослые (106-120 см), короткостебельные (86-105 см), полукарликовые (61-85 см), карликовые (41-60 см) и суперкарликовые (до 40 см).

Высота растений всех исследуемых сортов озимой пшеницы в зависимости от условий выращивания изменялась в сильной степени, о чем свидетельствуют внутрисортные коэффициенты вариации ($V = 20,4-31,9\%$). Например, сорт Марафон в 2012 г. исследований соответствовал суперкарликовым пшеницам, в 2013 и 2015 гг. – карликовым, в 2011 и 2014 гг. – полукарликовым, в 2016 г. – короткостебельным, сорт Волжская С3 в 2012 г. – карликовый, в 2011, 2013, 2015 гг. – полукарликовый, в 2014 г. – короткостебельный, в 2016 г. – высокорослый (см таблицу 34). В среднем за весь период исследований (2011-2016 гг.) сорт Марафон

вошел в группу карликовых пшениц, сорта Бирюза, Волжская СЗ, Санта, Светоч, Ресурс, Казанская 285, Московская 39, Харьковская 92, Базальт – в группу полукарликовых пшениц, сорта Волжская К, Волжская 16, Волжская 100, Безенчукская 380, Мироновская 808 – в группу короткостебельных пшениц.

Межсортовая изменчивость высоты растений в 2011 г. исследований отмечена средней степени ($V = 11,3 \%$), в остальные годы – слабая ($V = 2,3-8,8 \%$).

Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что изменчивость высоты растений сортифта озимых пшениц обусловлена главным образом фактором среды (фактор A), вклад которого составляет $74,5 \%$ (таблица 35). Доля влияния генотипа (фактор B) в варьировании высоты растений озимой пшеницы также весома и составляет $17,5 \%$.

Таблица 35 – Результаты двухфакторного анализа изменчивости высоты растений озимой мягкой пшеницы

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	Вклад фактора, %
Общая	189182,2	359	-	-	-	-
Повторений	87,9	3	29,3	1,18	2,70	0,05
Год (A)	140947,9	5	28189,6	1138,32	2,30	74,5*
Генотип (B)	33071,5	14	2362,3	95,39	1,85	17,5*
Взаимодействия (AB)	8462,9	70	120,9	4,88	1,44	4,5*
Остаток (ошибки)	6612,1	267	24,8	-	-	3,5
НСР ₀₅ (A) = 1,8 см		НСР ₀₅ (B) = 2,8 см				

*– достоверно на 5 % уровне значимости

Выявлено наличие достоверного генетического разнообразия исследуемых сортов озимой пшеницы по высоте растений. Следовательно, для обеспечения желаемой высоты растений производственного посева культуры необходимо уделить должное внимание выбору сорта. Вклад взаимодействия факторов AB (эффект взаимодействия генотипа и среды) в изменчивость анализируемого показателя наименьший, но также статистически достоверен – $4,5 \%$. Достоверность

вклада взаимодействия генотипа и среды свидетельствует, что высота растений сортов озимой мягкой пшеницы может существенно изменяться в зависимости от условий среды, в том числе и от используемых агротехнологий.

Высота растений сортообразцов озимой пшеницы коллекционного питомника во влажном 2011 г. (ГТК мая и июня 2,1 и 2,2 соответственно) соответствовала, главным образом, полукарликовым формам – основная масса пшениц (78 %) имела высоту растений 61-85 см (рисунок 38, приложение 3). Короткостебельные и карликовые пшеницы составили по 10 %. В засушливых условиях 2012 г. (ГТК июня 0,6) коллекционный питомник был представлен, в большинстве своем, карликовыми пшеницами (84 и 48 % сортообразцов в 1-й и 2-й наборы соответственно).

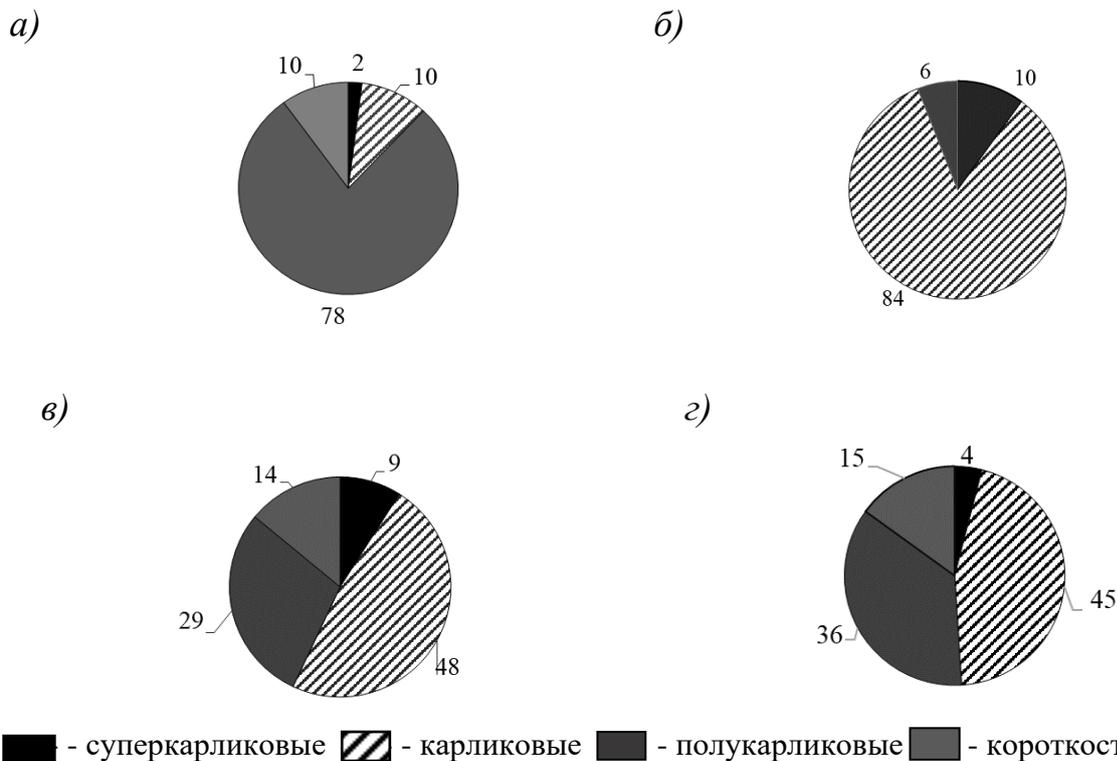


Рисунок 38 – Распределение (%) сортообразцов озимой мягкой пшеницы по высоте растений (1-й набор: а – 2011 г., б – 2012 г.; 2-й набор: в – 2012 г., г – 2013 г.)

Суперкарликовые пшеницы составили 9 и 10 %, что больше, чем в другие годы исследований. В также засушливом 2013 г. (ГТК мая и июня 0,8 и 0,7, соответственно) доминировали карликовые (45 %) и полукарликовые (36 %) пшеницы.

Большинство исследованных сортообразцов озимой пшеницы мировой коллекции уступало стандарту по высоте растений. В 2011 г. высота стандарта Волжская К составила 104 см. При этом высота пшениц Германии, Венгрии, Болгарии, Сербии, Украины и Китая изменялась от 34 до 94 см при среднем значении в опыте 72 см (таблица 36). В 2012 г. у этого же набора пшениц высота растений изменялась от 30 до 59 см при высоте стандарта и среднего значения по опыту 71 и 49 см соответственно. Среди пшениц второго набора в 2012 г. относительной высокорослостью (79-98 см) характеризовались сорта пшеницы, происходящие из сибирского региона России – Багратионовская, Новосибирская 32, Новосибирская 51, Новосибирская 40, Филатовка, Кулундинка, Бийская озимая (приложение 4).

Таблица 36 – Высота растений сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения

Происхождение пшениц	Высота растений, см средняя (от-до)			
	1-й набор		2-й набор	
	2011 г	2012 г.	2012 г	2013 г.
Волжская К, стандарт	104	71	71	72
Россия, Северный Кавказ	-	-	45 (33-54)	53 (43-63)
Россия, Сибирь	-	-	85 (62-98)	89 (60-104)
Украина	73 (63-94)	48 (36-58)	53 (43-65)	55 (38-81)
Германия	82 (75-88)	54 (48-59)	-	-
Венгрия	49 (48-50)	48	-	-
Болгария	78 (76-80)	48 (47-50)	-	-
Молдавия	70	53	-	-
Сербия	70 (60-80)	44 (37-53)	-	-
Китай	67 (34-85)	48 (30-56)	-	-
США	-	-	44 (36-53)	57 (33-78)
Япония	-	-	52 (48-58)	72 (65-78)
Эстония, Латвия	-	-	69 (62-75)	58 (50-63)
Среднее	72	49	59	66

В 2013 г. высота их растений составила 86-104 см, что больше стандарта Волжская К (72 см) и среднего значения в опыте (66 см). К полужерновым из сибирских пшениц относится лишь сорт Новосибирская 9 с высотой растений 60-62 см. Отдельные сорта коллекционного набора пшениц – Виктория 95 (Россия), Krassen

(Украина), Orienta (США) и Kitami 46 (Япония) в 2013 г. также превысили по высоте растений стандарт на 6-9 см. В группу суперкарликовых пшениц входили Камея (Россия), Ninka (Украина), Ji Mai 18 (Китай), Kitami 35 (Япония).

Таким образом, изученный в условиях лесостепи Среднего Поволжья сортимент озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения характеризовался разнообразием по высоте растений. Большинство сортообразцов озимой пшеницы мировой коллекции по высоте растений в зоне проведения исследований проявляют себя полуккарликовыми (61-85 см) и карликовыми (41-60 см). Высота растений исследуемой культуры подвержена сильной изменчивости. Один и тот же генотип (сорт) пшеницы в разные годы может относиться в различные группы по высоте растений. В общей изменчивости признака «высота растений» озимой мягкой пшеницы установлены достоверные вклады: условий года – 74,5 %, сорта – 17,5 %, взаимодействия генотипа и среды – 4,5 %. Доминирующее влияние условий среды на высоту растений часто связано с увлажненностью периода от ВВВ до цветения озимой мягкой пшеницы. Также можно заключить, что выбор сорта важен для обеспечения желаемой высоты посева пшеницы в производстве. Отбор по признаку высоты растений озимой пшеницы может быть эффективен в селекционном процессе культуры. Вклад эффекта взаимодействия генотипа и среды свидетельствует о том, что высота растений сортов озимой мягкой пшеницы подвержена изменчивости и может быть скорректирована в зависимости от используемых агротехнологий.

4.3.2 Высота растений и зимостойкость

Укорочение стебля растений пшеницы под влиянием генетических факторов вызвало не только изменение морфотипа, но и оказало влияние на важные хозяйственно-биологические показатели. По мнению некоторых ученых [Беспалова Л.А., 1977; Лыфенко С.Ф., 1987; Milach S.C.K., 2001; Тупицын Н.В., 2007] многие гены карликовости (Rht-гены) обладают плеiotропным эффектом, влияя на разные морфологические признаки и биологические свойства, с которыми связана

устойчивость растений к действию отрицательных факторов зимовки. Исследованиями О.Ю. Леонова (2012), Б.И. Сандухадзе (2018) установлено, что среди короткостебельных форм озимой пшеницы достаточно редко встречаются высокозимостойкие генотипы.

В сеялочном посеве межсортовая дифференциация по зимостойкости в 2014 и 2016 гг. отсутствовала (см. таблицу 15). В 2011, 2012, 2013 и 2015 гг. исследований установлены положительные, средней силы, достоверные на 5 % уровне значимости связи между зимостойкостью озимой мягкой пшеницы и высотой растений – коэффициенты корреляции составили соответственно $r = 0,63 \pm 0,22$, $r = 0,40 \pm 0,25$, $r = 0,61 \pm 0,22$ и $r = 0,56 \pm 0,23$ (рисунок 39, приложение 5). В среднем за исследуемый период (2011-2013, 2015 гг.) связь между рассматриваемыми показателями сильной степени – $r = 0,76 \pm 0,18$ (достоверно на 1 % уровне значимости).

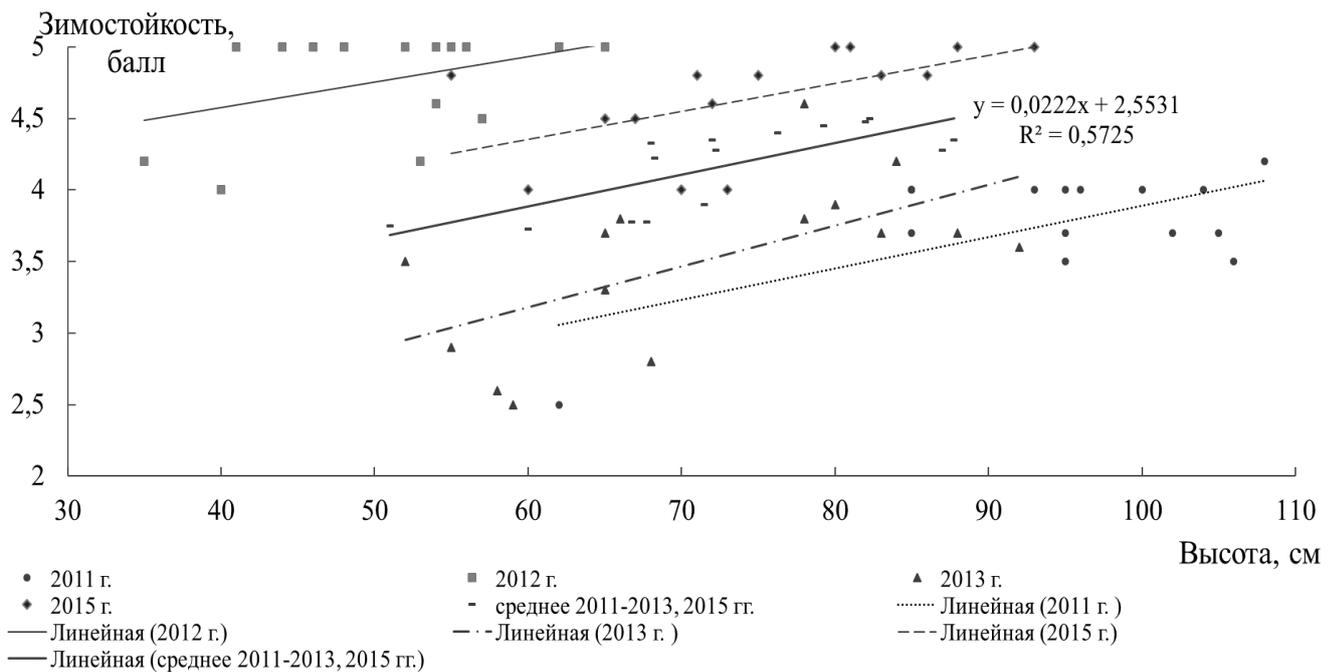


Рисунок 39 – График корреляционно-регрессионной зависимости зимостойкости сортов озимой мягкой пшеницы от высоты их растений (сеялочный посев)

Изменение зимостойкости озимой пшеницы в зависимости от высоты растений описывается уравнением регрессии вида $y = 0,0222x + 2,5531$ ($R^2 = 0,5725$). Согласно данной регрессионной модели зимостойкости озимой мягкой пшеницы

в 5,0 баллов соответствует высота растений 111 см, а зимостойкость в 4,0 балла могут иметь озимые пшеницы с высотой растений 65 см.

В таблице 37 можно наблюдать общую тенденцию уменьшения уровня зимостойкости сортов озимой пшеницы с уменьшением высоты их растений. Вместе с тем, отдельные сорта сочетают относительную низкорослость и высокий уровень зимостойкости. Например, сорт Светоч имеет тот же уровень зимостойкости, что и Безенчукская 380 (4,3 балла), а разница в высоте растений составляет 19 (68 см и 87 см соответственно). Данные приведённой выше таблицы 37 в целом свидетельствуют о трудном сочетании показателей низкостебельности и высокого уровня зимостойкости в одном генотипе озимой мягкой пшеницы.

Таблица 37 – Высота растений сортов озимой мягкой пшеницы и их зимостойкость (в среднем за 2011-2013, 2015 гг.).

Сорт	Высота, см	Зимостойкость, балл	Сорт	Высота, см	Зимостойкость, балл
Мироновская 808	88	4,4	Базальт	72	3,9
Безенчукская 380	87	4,3	Санта	68	4,2
Волжская К	82	4,5	Светоч	68	4,3
Волжская 16	82	4,5	Харьковская 92	68	3,8
Казанская 285	79	4,5	Ресурс	67	3,8
Волжская 100	76	4,4	Бирюза	60	3,7
Волжская СЗ	72	4,4	Марафон	51	3,8
Московская 39	72	4,3	Среднее	73	4,2

Изучение зимостойкости различных по высоте групп сортообразцов озимой пшеницы в 2011-2013 гг. ручного посева также показало преимущество наиболее высокорослых по условиям года генотипов (таблица 38). Наибольшей зимостойкостью в 2011 г. исследований, во 2-м наборе 2012 г., в 2013 г. характеризовались короткостебельные пшеницы, в 1-наборе 2012 г. – полукарликовые пшеницы (короткостебельные генотипы в наборе отсутствовали).

Таблица 38 – Хозяйственно-биологические показатели сортообразцов озимой пшеницы различных по высоте растений групп

Год исследований	Супер-карликовая	Карликовая	Полукарликовая	Короткостебельная
Зимостойкость, балл				
2011 г.	1,0	1,9	3,3	3,9
2012 г. (1-й набор)	2,5	3,6	4,0	–
2012 г. (2-й набор)	3,7	4,2	4,5	4,8
2013 г.	1,6	2,1	2,3	4,9
Урожайность (г/м ²)				
2011 г.	93	69	338	559
2012 г. (1-й набор)	85	233	301	–
2012 г. (2-й набор)	175	227	251	331
2013 г.	46	106	140	150

Положительные зависимости зимостойкости сортообразцов озимой мягкой пшеницы от высоты их растений были установлена в ходе корреляционно-регрессионного анализа (рисунок 40, приложение 6).

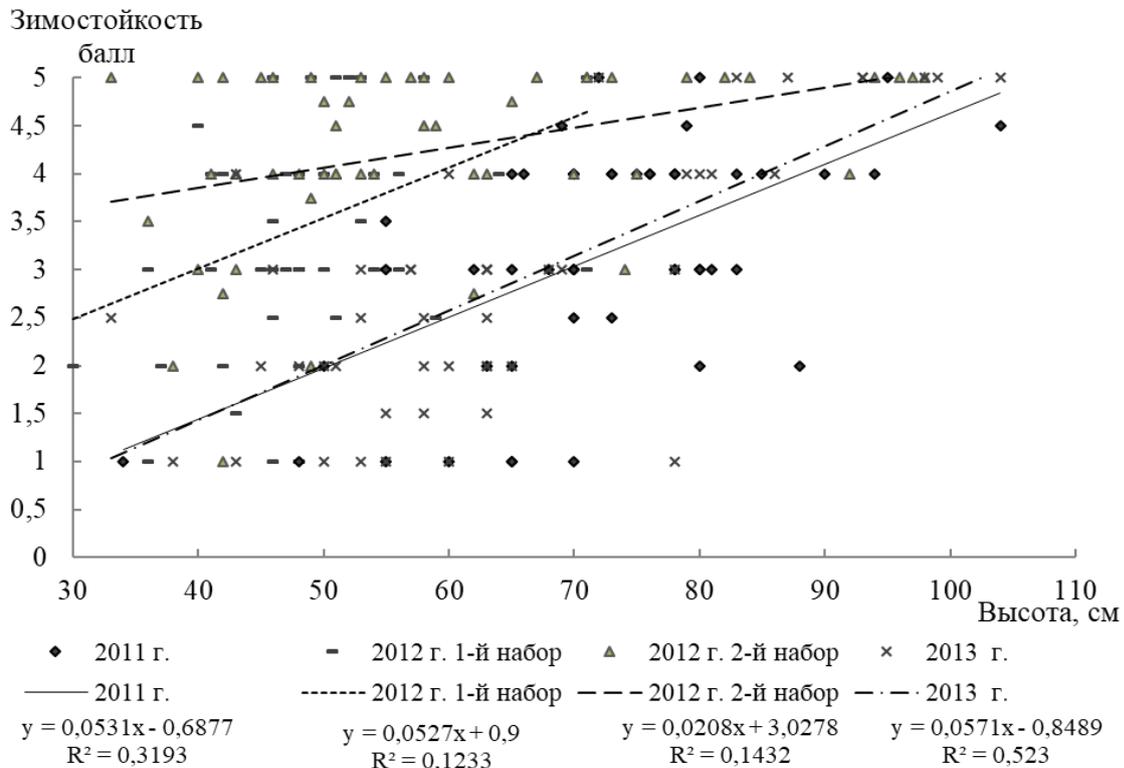


Рисунок 40 – График корреляционно-регрессионной зависимости зимостойкости сортообразцов озимой пшеницы от высоты растений

Тенденции изменения зимостойкости озимой пшеницы в зависимости от высоты растений во все годы исследований статистически достоверны – $R^2 > 0,08$.

Коэффициенты корреляции в 1-м наборе пшениц составили: 2011 г. – $r = 0,57 \pm 0,12$ (достоверно на 0,1 % уровне значимости); 2012 г., 1-й и 2-й наборы соответственно – $r = 0,35 \pm 0,14$ (достоверно на 5 % уровне значимости) и $r = 0,38 \pm 0,13$ (достоверно на 0,1 % уровне значимости); 2013 г. – $r = 0,72 \pm 0,10$ (достоверно на 0,1% уровне значимости). Связь между анализируемыми показателями тем теснее, чем сильнее повреждающий фактор в зимний период. Так, средняя зимостойкость в сортоиспытании озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника в 2011 г. составила 3,1 балла, в 2012 г. – 3,5 балла и 4,2 балла (1-й и 2-й наборы соответственно), в 2013 г. – 2,7 балла (таблица 39).

Таблица 39 – Полукарликовые и карликовые сортообразцы озимой мягкой пшеницы с повышенной и высокой зимостойкостью

Сортообразец	Происхождение	Зимостойкость, балл		Высота, см	
		2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
1-й набор		2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
Волжская К, стандарт		5,0	5,0	104	71
Мугорол	Украина	4,0	4,0	65	48
Mykolayivka	Украина	5,0	4,0	72	48
Lytavinka	Украина	4,0	5,0	78	52
Vinnychanka	Украина	4,0	4,0	70	48
Khersonska bez	Украина	4,0	4,0	70	42
Manzhelija	Украина	5,0	5,0	79	53
Banga	Латвия	4,0	4,0	70	64
Emoile	Болгария	4,0	4,0	76	47
Xiao Yan 107	Китай	5,0	4,0	80	50
Zhong Pin 1535	Китай	4,0	5,0	66	51
Среднее		3,1	3,5	72	49
2-й набор		2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
Волжская К, стандарт		5,0	5,0	71	72
Виктория 95	Россия	5,0	4,0	67	79
Камея	Россия	5,0	4,0	40	43
Новосибирская 9	Россия	4,0	4,0	62	60
Лютесценс 4	Россия	5,0	4,0	71	80
Поэма	Россия	5,0	5,0	67	83
Krasen	Украина	5,0	4,0	65	81
Среднее		4,2	2,8	58	66

Повышенную и высокую зимостойкость (4,0-5,0 баллов) сочетали с низкостебельностью (высота до 85 см) сортообразцы пшеницы 1-го набора – Mygorol, Mykolayivka, Lytavinka, Vinnychanka, Khersonska bez, Manzhelija (Украина), Banga (Латвия), Emoile (Болгария), Xiao Yan 107, Zhong Pin 1535 (Китай), а также 2-го набора – Виктория 95, Камея, Новосибирская 9, Лютесценс 4, Поэма (Россия), Krasen (Украина). Все они представляют ценность как исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья на сочетание низкостебельности и повышенной и высокой зимостойкости.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что снижение высоты растений озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья сопряжено с уменьшением зимостойкости культуры. Для решения проблемы совмещения в генотипе низкостебельности и высокой зимостойкости необходимо проводить селекцию на основе выделившегося исходного материала.

4.3.3 Высота растений и вегетационный период

Согласно исследованиям А.И. Носатовского (1965), В.В. Коломейченко (2007), рост соломины пшеницы прекращается с окончанием цветения. Известно, что процессы удлинения стебля и сроки развития соцветия зерновых культур зависят от чувствительности растений к длине дня, однако сам момент перехода от вегетативной к генеративной фазе определяется тем, насколько удовлетворена потребность растений в яровизации [Gott M.B., 1955; цит. по Потокиной Е.К., 2012]. Некоторые авторы [Borojevic S., 1981; Коваль С.Ф., 2005; Jug I., 2013] полагают, что увеличение продолжительности периода вегетации пшеницы от ВВВ до колошения-цветения за счет любых генетических систем неминуемо увеличивает длину стебля, и, наоборот, сокращение этого промежутка времени уменьшает высоту растения.

В 2011 г. исследований в коллекционном питомнике озимой мягкой пшеницы была установлена наибольшая высота растений среднеспелых, среднепоздних и позднеспелых пшениц – 72-77 см, в сравнении со скороспелыми – 66-70 см (см.

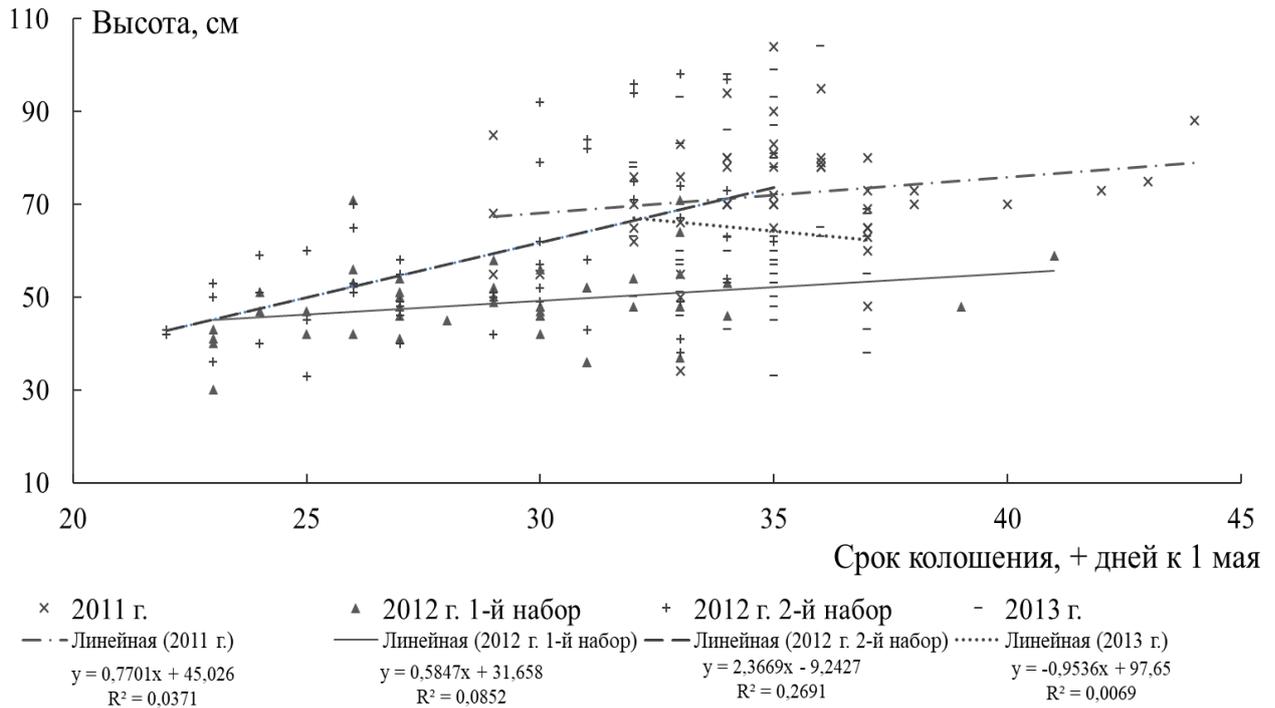
таблицу 29). В 2012 г. в 1-м наборе сортообразцов также скороспелые пшеницы уступили по высоте растений (46-50 см) среднеспелым и позднеспелым (53 и 54 см соответственно). Во 2-м наборе в 2012 и 2013 гг. исследований наибольшую высоту имела среднеспелая группа пшениц (71 и 67 см соответственно). В исследованиях 2012 г. установлены положительные связи между высотой растений сортообразцов озимой мягкой пшеницы и датой наступления колошения (приложение 6, рисунок 41) слабой и средней степени – $r = 0,29 \pm 0,14$ (1-й набор, достоверно на 5 % уровне) и $r = 0,52 \pm 0,12$ (2-й набор, достоверно на 0,1 % уровне). В 2011 г. связь между анализируемыми показателями была положительная слабая – $r = 0,19 \pm 0,12$).

В 2013 г. исследований в период колошения (с 1 по 6 июня) установилась жаркая засушливая погода, температура превышала среднемноголетние значения на 4-7°C [Климатический монитор: URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>], что привело к почти единовременному выколашиванию пшениц разных групп спелости (приложение 4). В результате этого связь между анализируемыми показателями почти отсутствовала – $r = -0,08 \pm 0,15$ (приложение 6).

В сеялочном посеве среди сортов отечественной селекции во все годы исследований установлены положительные средней и сильной степени связи между высотой растений озимой пшеницы и сроком колошения (приложение 5, рисунок 41). В 2011 г. исследований ($r = 0,61 \pm 0,22$), 2015 г. ($r = 0,74 \pm 0,19$) и 2012 г. ($r = 0,78 \pm 0,17$) связи достоверны на 5, 1 и 0,1 % уровнях значимости соответственно.

В среднем за весь период исследований связь между анализируемыми показателями положительная, сильная, достоверная на 1 % уровне значимости ($r = 0,73 \pm 0,19$). Изменение высоты растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от срока наступления колошения описывается уравнением регрессии вида $y = 3,6973x - 37,705$, что статистически достоверно при $R^2 = 0,5341$. Согласно данной регрессионной модели за каждый день до колошения пшеницы происходит рост её соломины на 3,7 см. Следовательно, позднеспелые сорта пшеницы будут характеризоваться большей высотой растений в сравнении со скороспелыми.

a)



б)

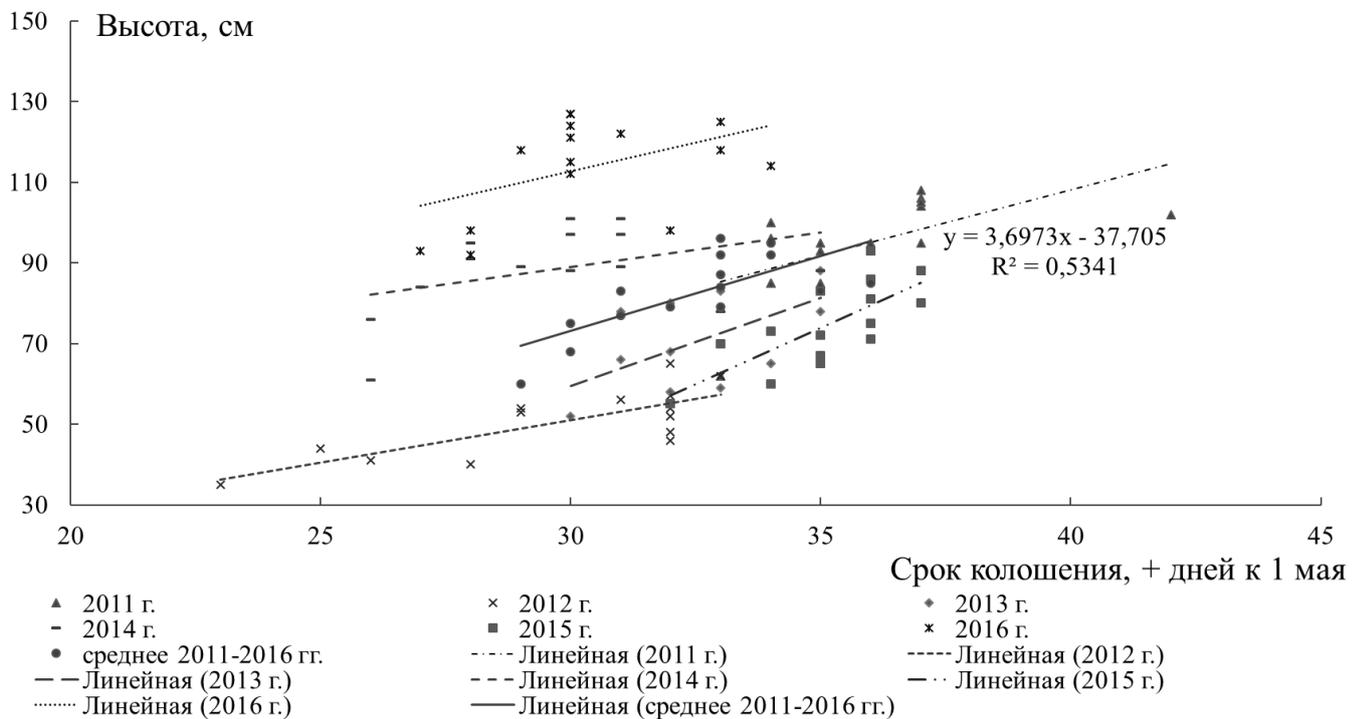


Рисунок 41 – Графики корреляционно-регрессионной зависимости высоты растений озимой мягкой пшеницы от срока колошения (а – ручной посев, б – сеялочный посев)

Установленные корреляционные связи не являются функциональными, а значит в отдельных случаях скороспелые сорта могут быть среднерослыми, и наоборот. Например, германские пшеницы Akter, Compliment при высоте растений соответственно 88 см и 75 см в 2011 г. и 59 см и 48 см в 2012 г., в сравнении со стандартом Волжская К 104 см (2011 г.) и 71 см (2012 г.), выколашивались на 5-8 дней позднее его (приложение 3).

Таким образом, в условиях лесостепи Среднего Поволжья продолжительность периода вегетации озимой пшеницы часто сопряжена с высотой растений. Следовательно, селекция культуры на вегетационный период будет влиять и на высоту растений создаваемых сортов. На зависимость этих показателей следует обращать внимание и при подборе сорта озимой пшеницы для производственного использования.

4.3.3 Высота растений и устойчивость к полеганию

Полегание зерновых культур, в том числе и озимой мягкой пшеницы, может приводить к значительным потерям урожая [Лелли Я., 1980; Fischer R.A., 1987; Лубнин А.Н., 2006; Агеева Е.В., 2020], ухудшению его семенных и хозяйственных показателей [Khobra R., 2019], создает значительные трудности при уборке [Лыфенко С.Ф., 1987; Жученко А.А., 2004]. В полёглом ценозе у растений активнее развиваются грибные листостебельные болезни (мучнистая роса, бурая и стеблевая ржавчина, септориоз) и корневые гнили [Агеева Е.В., 2020].

Полегание является физиологической реакцией растений на определённые стрессовые условия внешней среды: недостаток света, структуру почвы, её избыточную влажность, сильные ветра, ливневые дожди и т.д. [Niu L. 2016; Shah L. 2019; Агеева Е.В., 2020]. Многие исследователи [Лелли Я., 1980; Лыфенко С.Ф., 1987; Уліч, Л.І., 2006; Berry P.M., 2008; Таранова, Т.Ю., 2020] признак устойчивости к полеганию пшеницы в значительной мере связывают с высотой растений.

В 2014 г. исследований было отмечено небольшое полегание посевов некоторых сортов озимой пшеницы. Среднее по сортоиспытанию значение устойчивости к полеганию составило 3,8 балла (приложение 7). Повышенной и высокой

Изменение устойчивости к полеганию в зависимости от высоты растений описывает уравнение регрессии вида $y = -0,0351x + 6,5068$. Согласно данной регрессионной модели, увеличение высоты растений озимой мягкой пшеницы на 10 см приводит к уменьшению устойчивости к полеганию на 0,35 балла и, наоборот, что при $R^2 = 0,3244$ является статистически достоверным. Устойчивость к полеганию в 5,0, 4,0 и 3,0 балла в зоне исследований соответствует высоте растений озимой пшеницы 43, 71 и 100 см соответственно.

Таким образом, проведёнными исследованиями установлено, что устойчивость к полеганию озимой мягкой пшеницы достоверно отрицательно в сильной-средней степени коррелирует с высотой растений ($r = -0,58...-0,69$). Отсутствие функциональной связи позволяет предположить, что устойчивость к полеганию может быть обеспечена не только высотой, но и другими морфоанатомическими особенностями строения пшеничного растения.

4.3.4 Высота растений и урожайность

Устойчивость к полеганию, зависящая в значительной степени от высоты растений и поэтому свойственная короткостебельным пшеницам, является важнейшим показателем сортов интенсивного типа. Во многих странах мира в связи с повышением уровня земледелия высота растений пшеницы в ходе селекции постепенно уменьшалась [Дорохов, Б.А., 2013; Würschum T., 2017^A].

Согласно К.Г. Тетерятченко (1984), наиболее удачное строение и лучшие возможности для осуществления восходящего и нисходящего передвижения воды и продуктов фотосинтеза по стеблю имеют сосудистволокнистые пучки сортов пшениц полукарликового типа.

Некоторые исследователи [Беспалова Л.А., 2001; Косенко С.В., 2009; Кorableйников, Н.И. 2020; Fayzullayev A.Z., 2020] полагают, что снижение высоты растений у пшеницы может привести к снижению продуктивности, так как урожай зерна во многом зависит от непродуктивной части растения – стебля и листьев. Короткостебельные пшеницы могут уступать средне- и высокорослым сортам по

общей биомассе растения, площади листовой поверхности, фотосинтетическому потенциалу и, как следствие, продукционным возможностям. Недостатком сортов с генами короткостебельности некоторые авторы [Кумаков В.А., 1985; Коробейников Н.И., 2020] считают наличие укороченного coleoptила, слабо развитой корневой системы, и как следствие, слабую засухоустойчивость.

В проведенных исследованиях при отсутствии полегания в сеялочном посеве (2011, 2012, 2013 и 2015 гг.) наблюдалось повышение урожайности озимой пшеницы с увеличением высоты растений изучаемых сортов (рисунок 43, приложение 5). Отмечена положительная слабая и средней силы связь рассматриваемых показателей (2011 г. – $r = 0,67 \pm 0,21$, что достоверно на 1 % уровне значимости, 2012 г. – $r = 0,17 \pm 0,27$, 2013 г. – $r = 0,40 \pm 0,25$, 2015 г. – $r = 0,18 \pm 0,27$).

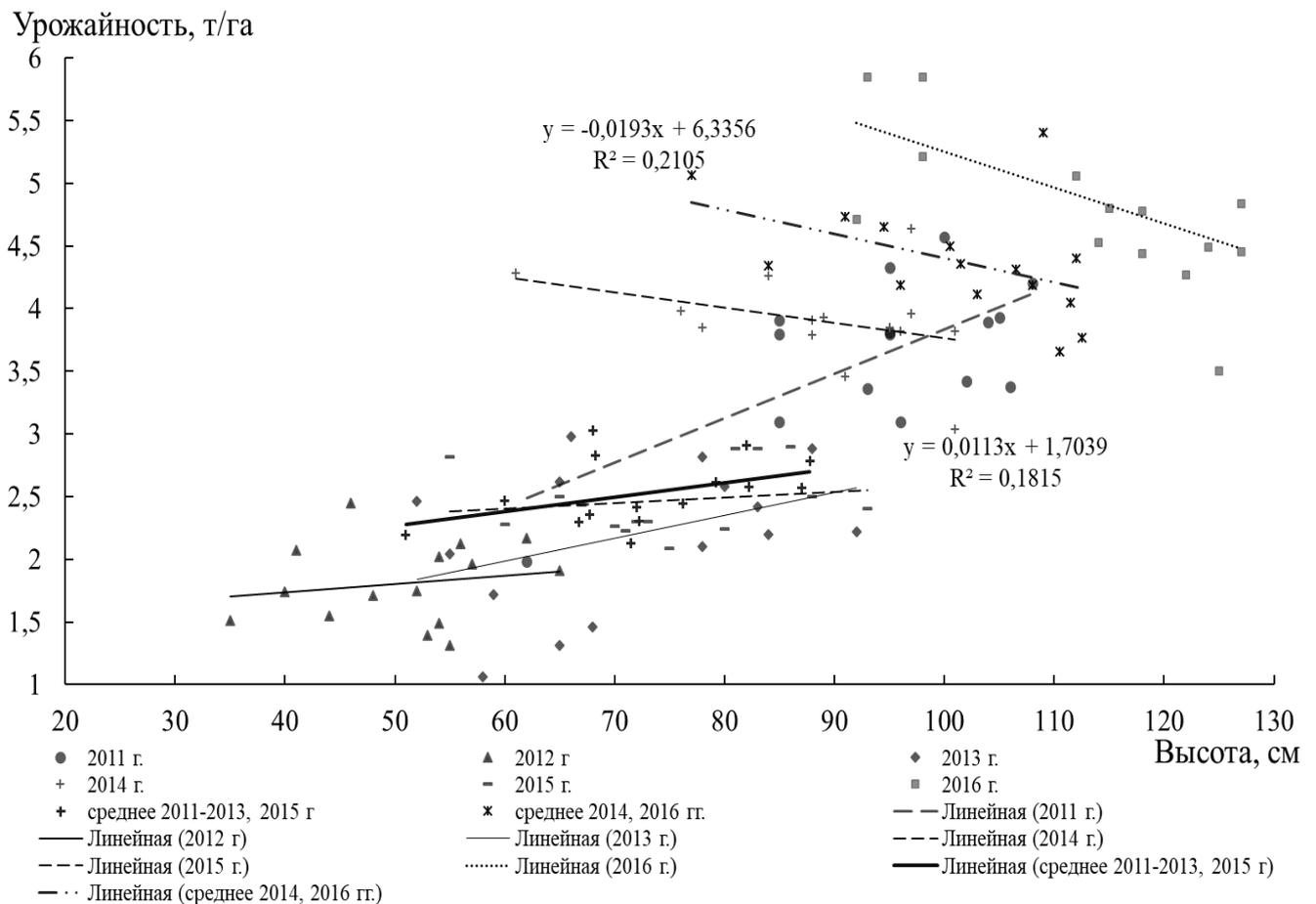


Рисунок 43 – График корреляционно-регрессионной зависимости урожайности сортов озимой мягкой пшеницы от высоты их растений (сеялочный посев)

В среднем за период исследований (2011-2013, 2015 гг.) связь между урожайностью озимой мягкой пшеницы и высотой растений положительная, средней силы – $r = 0,43 \pm 0,25$. Изменение урожайности в зависимости от высоты растений описывает уравнение регрессии вида $y = 0,0113x + 1,7039$. Согласно данной регрессионной модели, увеличение или уменьшение высоты растений озимой мягкой пшеницы на 10 см приводит к увеличению или соответственно уменьшению её урожайности на 0,113 т/га. Однако, достоверность установленной тенденции статистически не подтверждена ($R^2 < 0,232$).

Полегание посевов озимой мягкой пшеницы в 2014 г. явилось основной причиной снижения её урожайности. Коэффициент корреляции между урожайностью и устойчивостью к полеганию составил – $r = 0,53 \pm 0,23$ – связь положительная, средней степени, достоверная на 5 % уровне значимости (приложение 5). В 2016 г. корреляционная связь между анализируемыми показателями была также положительной, но слабой ($r = 0,22 \pm 0,27$) вследствие сильного полегания культуры в целом.

В контрастных по увлажненности условиях среды – ГТК весенне-летнего периода вегетации 2011 г. – 1,5, 2012 г. – 0,9, 2013 гг. – 0,8, приложение 2) при отсутствии полегания отмечен рост урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника с увеличением высоты растений (см. таблицу 38, рисунок 44). Во все годы исследований наибольшую урожайность формировала короткостебельная группа пшениц – 559 г/м² (2011 г.), 331 г/м² (2012 г., 2-й набор), 150 г/м² (2013 г.). В 2012 г. в 1-м наборе сортообразцов озимой пшеницы короткостебельная группа отсутствовала, а по урожайности лидировала группа полукарликовых пшениц – 301 г/м².

Коэффициенты корреляции между высотой растений сортообразцов озимой пшеницы и их урожайностью (приложение 6) составили: в 2011 г. – $r = 0,58 \pm 0,11$, в 2012 г. (1-й набор) – $r = 0,53 \pm 0,11$ (связи положительные, средней силы, достоверные на 0,1 % уровне значимости), в 2012 г. (2-й набор) – $r = 0,31 \pm 0,13$, в 2013 г. – $r = 0,34 \pm 0,13$ (связи положительные, средней силы, достоверные на 5 % уровне значимости). Достоверность тенденций изменения урожайности сортообразцов

озимой мягкой пшеницы от высоты растений во все годы исследований статистически подтверждена – $R^2 > 0,08$ (рисунок 44).

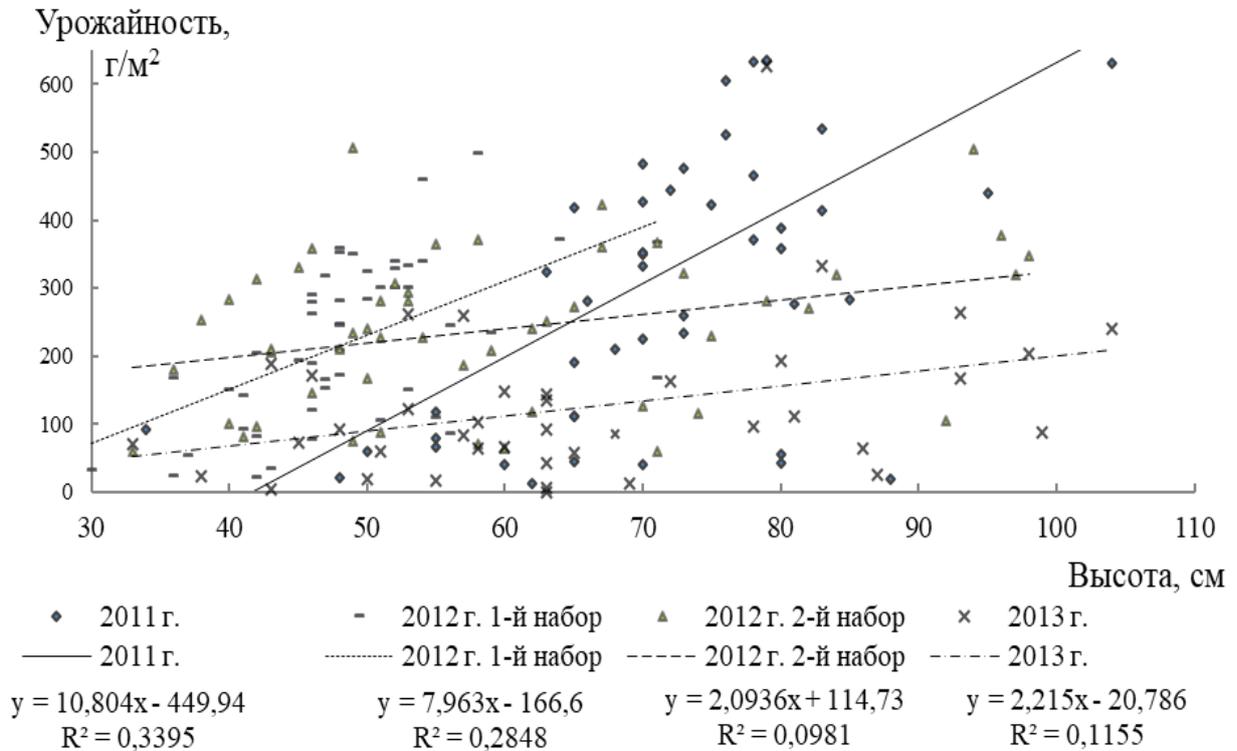


Рисунок 44 – График корреляционно-регрессионной зависимости урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы от высоты растений

Установленные положительные корреляционные связи не являются функциональными. Это означает, что и среди низкостебельных пшениц могут быть сорта с высокой урожайностью, а среди высокостебельных, наоборот, с низкой. Высокая урожайность низкорослых сортов пшеницы может быть обеспечена, например, хорошей облиственностью, продолжительно работающим фотосинтетическим аппаратом растений, хорошей аттрагирующей способностью в период налива зерна.

Некоторые карликовые и полукарликовые пшеницы в коллекционном питомнике (таблица 40) сформировали урожайность на уровне или выше стандарта Волжская К (499 г/м², в среднем за 2011-2012 гг. и 264 г/м² в среднем за 2012-2013 гг.).

Таблица 40 – Полукарликовые и карликовые сортообразцы озимой мягкой пшеницы с высокой урожайностью

Сортообразец	Происхождение	Урожайность, г/м ²	Высота, см
1-й набор, среднее за 2011-2012 гг.			
Волжская К, стандарт		499	88
Zamozhnist	Украина	561	65
2-й набор, среднее за 2012-2013 гг.			
Волжская К, стандарт		264	72
Донская лира	Россия	251	46
Ясногорка	Украина	316	56

Это сорта Донская лира (Россия), Zamozhnist, Ясногорка (Украина), представляющие интерес в качестве исходного материала для селекции озимой мягкой пшеницы на сочетание низкостебельности и высокой продуктивности в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Таким образом, в зоне проведения исследований, часто засушливой или неустойчивого увлажнения, при отсутствии полегания между высотой растений озимой мягкой пшеницы и урожайностью установлены положительные корреляционные связи. Наличие высокопродуктивных сортов среди карликовых и полукарликовых пшениц (Донская лира, Zamozhnist, Ясногорка) свидетельствует о возможности сочетания анализируемых показателей в одном генотипе. Во избежание полегания посевов высокостебельных и среднерослых сортов озимой пшеницы в производстве в последние годы часто используют ростовые ингибиторы, уменьшающие длину соломины. Однако, наилучшим путем решения этой проблемы следует все-таки считать возделывание устойчивых к полеганию сортов. По мнению Я. Лелли (1980), очень высокая устойчивость к полеганию может быть достигнута только у низкостебельных форм. Среди исследуемого сортимента озимой пшеницы, возделываемого в Ульяновской области, высокоустойчивых к полеганию сортов не выявлено. Создание таких сортов в ходе селекции культуры на основе выделившегося исходного материала является актуальной задачей. Тем более, что из-за возможности многих производителей товарного зерна пше-

ницы создавать высокие агрофоны в значительной степени возрос спрос на высокоинтенсивные низкостебельные сорта селекции других стран. Однако, производственное их использование в регионе имеет определенные сложности и в связи с их зимостойкостью (см. раздел 4.3.2).

4.4 Урожайность озимой мягкой пшеницы

Урожайность является одним из главных показателей, характеризующих сорт любой сельскохозяйственной культуры. От уровня урожайности сорта зависят экономические показатели эффективности той или иной агротехнологии, растениеводческой отрасли в целом.

4.4.1 Сортвая дифференциация озимой мягкой пшеницы по урожайности

Средняя урожайность сортоиспытания озимой пшеницы за весь период исследований составила 3,15 т/га (таблица 41).

Таблица 41 – Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, т/га

Сорт	Год урожая						Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
Волжская К, стандарт	4,20	2,12	2,42	3,96	2,88	4,84	3,40	31,9
Волжская 16	3,89	1,31	2,20	3,82	2,90	4,27	3,07	37,4
Волжская 100	3,10	1,71	2,10	4,64	2,88	6,17	3,43	48,9
Волжская СЗ	3,10	1,75	2,58	3,93	2,23	4,45	3,01	34,3
Безенчукская 380	3,38	2,17	2,22	3,82	2,50	3,50	2,93	24,5
Санта	3,81	2,45	2,62	3,91	2,43	4,80	3,34	29,4
Светоч	4,57	2,07	2,98	3,46	2,50	5,85	3,57	39,5
Ресурс	4,33	1,55	1,06	4,26	2,26	5,21	3,11	54,9
Бирюза	3,80	1,74	2,04	3,98	2,28	4,71	3,09	39,6
Казанская 285	3,42	1,96	2,82	3,85	2,24	4,53	3,14	31,3
Московская 39	3,80	2,02	1,31	3,79	2,09	4,44	2,91	43,3
Базальт	3,36	1,39	1,46	3,85	2,30	4,78	2,86	47,8
Марафон	1,98	1,51	2,46	4,28	2,82	5,85	3,15	51,6
Харьковская 92	3,91	1,49	1,72	3,93	2,30	5,06	3,07	46,8
Мироновская 808	3,93	1,91	2,88	3,04	2,40	4,49	3,11	30,8
Среднее	3,64	1,81	2,19	3,90	2,47	4,86	3,15	–
V, %	17,2	18,0	27,9	10,8	10,7	14,0	–	–
НСР ₀₅ , т/га	0,52	0,26	0,36	0,56	0,26	0,32	0,58	–
Индекс среды, (I _j)	0,49	-1,34	-0,96	0,75	-0,68	1,71	–	–

Высокая урожайность была сформирована сортами Светоч, Волжская 100, Волжская К (3,57 3,43, 3,40 т/га соответственно). Наименьшая урожайность отмечена у сорта Базальт – 2,86 т/га.

Степень влияния условий среды по годам характеризует показатель индекс условий среды (I_j). Отрицательный I_j в 2012 г. (-1,34), в 2013 г. (-0,96) и в 2015 г. (-0,68) свидетельствует о том, что в эти годы сложились неблагоприятные условия для формирования урожая зерна озимой пшеницы. В годы с благоприятными условиями во время вегетации исследуемой культуры (2011, 2014 и 2016 гг.) I_j был положительным и изменялся от 0,49 (2011 г.) до 1,71 (2016 г.). При относительно благоприятных условиях вегетации озимой мягкой пшеницы в 2011 г. на уровень урожайности исследуемой культуры оказала влияние ледяная корка (см. раздел 4.1.1). Сорт пшеницы, существенно превысивших по урожайности стандарт Волжская К (4,20 т/га, НСР₀₅ = 0,52 т/га) в анализируемом году не было. Высокую урожайность, наряду со стандартом, сформировали сорта Светоч и Ресурс – 4,57 и 4,33 т/га, соответственно при средней урожайности опыта 3,64 т/га. Существенно уступили по урожайности стандарту пшеницы Волжская 100, Волжская С3, Безенчукская 380, Базальт и Марафон.

Стрессовыми факторами в 2012 г., определившими величину урожайности сортов озимой мягкой пшеницы, явились сильное повреждение шведской мухой (приложение 7) и недостаточное увлажнение в весенне-летний период вегетации культуры – ГТК = 0,9 (см. таблицу 11, приложение 2). Повышенной и высокой устойчивостью к шведской мухе характеризовались скороспелые сорта пшеницы Марафон и Ресурс (8,0 и 9,0 баллов соответственно), которые быстро «ушли» из уязвимых фаз – кущения и выхода в трубку. Повреждение шведской мухой сортов Волжская К, Санта и Безенчукская 380 (устойчивость 3,0 балла) в наименьшей мере сказалась на их урожайности (2,12, 2,45 и 2,17 т/га соответственно), что позволяет считать данные сорта озимой мягкой пшеницы толерантными к вредителю. При НСР₀₅ = 0,26 т/га существенно уступили по урожайности стандарту сорта пшеницы Волжская 16, Волжская 100, Волжская С3, Ресурс, Бирюза, Базальт, Марафон, Харьковская 92.

Неблагоприятные условия в 2013 г. для озимой мягкой пшеницы были связаны с сильным выпреванием (см. таблицу 14) и недостаточным увлажнением в весенне-летний период её вегетации ($ГТК=0,8$, приложение 2). Урожайность сорта-стандарта Волжская К составила 2,42 т/га, что выше среднего её значения за исследуемый год (2,19 т/га). Существенно превысили стандарт на 0,40-0,56 т/га сорта Казанская 285, Мироновская 808 и Светоч ($НСР_{05} = 0,36$ т/га), уступили на 0,38-1,36 т/га пшеницы Бирюза, Харьковская 92, Базальт, Московская 39, Ресурс (см. таблицу 41).

Сортовая дифференциация по урожайности в 2014 г. была связана с различной устойчивостью исследуемых пшениц к полеганию. Урожайность стандарта Волжская К (3,96 т/га) почти соответствовала среднему значению этого показателя в опыте – 3,90 т/га. При этом существенно превысил по урожайности стандарт лишь сорт Волжская 100 на 0,68 т/га ($НСР_{05} = 0,56$ т/га), а уступил – сорт Мироновская 808 на 0,92 т/га.

На реализации урожайного потенциала исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы в 2015 г. негативно сказались засушливые условия в предпосевной и посевной периоды ($ГТК = 0,4$), а также в майский ($ГТК = 0,6$) и июньский ($ГТК = 0,4$) этапы весенне-летнего периода вегетации культуры (приложение 2). Стандарт Волжская К показал достаточно высокую урожайности в сортоиспытании анализируемого года – 2,88 т/га (среднее в опыте 2,47 т/га). Существенного превосходства по урожайности ($НСР_{05} = 0,26$ т/га) не имел ни один сорт. На уровне стандарта сформировали урожайность пшеницы Волжская 16, Волжская 100 и Марафон (2,82-2,90 т/га). У остальных сортов урожайность варьировала от 2,09 до 2,50 т/га, что существенно ниже урожайности стандарта.

Наиболее благоприятные условия для формирования урожайности озимой пшеницы сложились в 2016 г. – $I_j = 1,71$ (см. таблицу 41). Дифференциация сортов по урожайности была связана главным образом с полеганием растений озимой пшеницы. Сорт-стандарт Волжская К сформировал урожайность на уровне среднего значения в опыте – 4,84 т/га и 4,86 т/га соответственно. Существенное превышение над стандартом ($НСР_{05} = 0,32$ т/га) имели сорта Волжская 100 (+1,33

т/га), Марафон (+1,01 т/га), Светоч (+1,01 т/га), Ресурс (+0,37 т/га). Самую низкую урожайность в опыте показал сорт Безенчукская 380 – 3,50 т/га, что на 1,34 т/га ниже стандарта. Также существенно уступили стандарту Волжская К пшеницы Волжская 16 (-0,57 т/га), Мироновская 808 (-0,45 т/га), Московская 39 (-0,4 т/га), Волжская С3 (-0,39 т/га).

В среднем за шестилетний период исследований (2011-2016 гг.) наибольшей урожайностью характеризовались сорта Волжская К (3,40 т/га), Волжская 100 (3,43 т/га) и Светоч (3,57 т/га), наименьшей – Базальт (2,86 т/га), Московская 39 (2,91 т/га) и Безенчукская 380 (2,93 т/га). Отклонения урожайностей всех изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы от стандарта Волжская К при $НСР_{05} = 0,58$ т/га в одну и другую сторону оказались статистически не существенными.

Как показали исследования, стрессовые факторы внешней среды, характерные для лесостепи Среднего Поволжья, большинству сортообразцов озимой мягкой пшеницы мировой коллекции не позволили реализовать их продукционные возможности (таблица 42, приложения 3, 4).

Таблица 42 – Урожайность сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения

Происхождение пшениц	Урожайность, г/м ² средняя (от-до)			
	1-й набор сортообразцов		2-й набор сортообразцов	
	2011 г.	2012 г.	2012 г.	2013 г.
Волжская К, стандарт	630	367	367	162
Россия, Северный Кавказ	-	-	241 (59-358)	107 (42-172)
Россия, Сибирь	-	-	302 (60-505)	146 (25-264)
Украина	383 (40-976)	248 (78-498)	307 (126-507)	114 (5-261)
Германия	222 (20-423)	202 (171-233)	-	-
Венгрия	41 (22-59)	244	-	-
Болгария	469 (276-606)	200 (153-282)	-	-
Молдавия	483	300	-	-
Сербия	251 (40-670)	99 (54-149)	-	-
Китай	219 (13-535)	176 (22-458)	-	-
США	-	-	171 (71-253)	50 (10-97)
Япония	-	-	179 (87-240)	143 (125-161)
Эстония, Латвия	-	-	230 (118-322)	49 (6-91)
Среднее	328	222	239	126

Сортообразцы озимой пшеницы Германии, Венгрии, Болгарии, Сербии, Молдавии, Китая, США, Японии, Эстонии, Латвии формировали урожайность ниже стандарта Волжская К (630, 367 и 162 г/м² в 2011, 2012 и 2013 гг. исследований соответственно). Уступали стандарту по урожайности и пшеницы северокавказского региона России. Значительная дифференциация по анализируемому показателю наблюдалась среди пшениц Украины и сибирского региона России. Изученные пшеницы западноевропейских и некоторых других зарубежных стран выведены часто в условиях мягких зим, влажного климата, поэтому их адаптивный потенциал для зоны проведения исследований оказался недостаточным. Об этом свидетельствуют низкие значения урожайности в целом по сортоиспытаниям разных лет (2011 г – 328 г/м², 2012 г. – 222 и 239 г/м², 1-й и 2-й наборы соответственно, 2013 г. – 126 г/м²), в сравнении со стандартом Волжская К (см. таблицу 42, таблица 43).

Таблица 43 – Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника

Сорт	Страна	Урожайность, г/м ²			
		2011 г.	+ /- к стандарту	2012 г.	+/- к стандарту
1-й набор сортообразцов		2011 г.	+ /- к стандарту	2012 г.	+/- к стандарту
Волжская К, стандарт		630	-	367	-
Zamozhnist	Украина	784	+154	338	-29
Lytavinka	Украина	633	+3	300	-67
Manzheliya	Украина	635	+5	333	-34
Dashenka	Украина	730	+100	338	-29
Kalyanova	Украина	976	+346	350	-17
Mina	Сербия	670	+40	54	-313
Среднее		328	-302	222	-145
2-й набор сортообразцов		2012 г.	+ /- к стандарту	2013 г.	+ /- к стандарту
Волжская К, стандарт		367	-	162	-
Виктория 95	Россия	360	-7	626	+464
Поэма	Россия	425	+158	333	+171
Кулундинка	Россия	348	-19	167	+5
Бийская озимая	Россия	505	+138	203	+41
Среднее		239	-128	126	-36

Среди сортообразцов 2-го набора лучшими по урожайности по результатам 2-х лет исследований (2012, 2013 гг.) были сорта отечественной селекции – Виктория 95, Поэма, Кулундинка и Бийская озимая. На их основе была проведена гибридизация в 2015 г. по комбинациям скрещиваний: Волжская К / Виктория 95, Волжская К / Поэма, Волжская К / Кулундинка, Волжская К / Бийская озимая.

Таким образом, средняя урожайность в сортоиспытании озимой пшеницы сеялочного посева за весь период исследований составила 3,15 т/га. В наибольшей степени приспособлены к условиям Среднего Поволжья сорта отечественной селекции. Ценность в качестве исходного материала для селекции исследуемой культуры на урожайность представляют сорта Волжская К, Волжская 100, Светоч, Виктория 95, Поэма, Кулундинка и Бийская озимая.

4.4.2 Структура урожайности озимой мягкой пшеницы

4.4.2.1 Густота продуктивного стеблестоя и показатели её обуславливающие

Известно, что механизмы формирования урожайности сложны и требуют хорошего знания морфобиологических особенностей возделываемых сортов. Ряд авторов [Четвертакова Н.Н., 1995; Акимова О.И., 2009; Pohlman J.M., 2013; Маслова Г.Я., 2018; Philipp N., 2018; Poltoretskyi S., 2020; Морозов Н.А., 2021] считают, что результаты анализа структуры урожайности могут служить материалом как для анализа, так и для синтеза – синтеза новых сортов и технологий.

Урожай зерна пшеницы с 1 м² или урожайность складывается из составляющих её компонентов (рисунок 45), главными из которых являются густота продуктивного стеблестоя (число продуктивных стеблей на 1 м²) и зерновая продуктивность соцветия (масса зерна с 1 соцветия) [Лихочвор В.В., 1999; 2008; Duggan V.L., 2006; Петрова, Н.Н., 2010; Русанов И.А., 2010; Кудряшов И.Н., 2011].



Рисунок 45 – Элементы структуры урожайности зерновых злаковых культур и факторы их определяющие

Ряд авторов [Лукьяненко П.П., 1990; Пыльнев В.В., 1998; Гайратов М.Х., 2005; Сандухадзе Б.И., 2006;] считают, что для любой агроклиматической зоны характерен определённый уровень выраженности отдельных элементов структуры урожайности пшеницы. Даже при наличии общих тенденций в формировании элементов структуры урожайности озимой пшеницы в том или ином регионе всегда будут иметься различия их выраженности по отдельным сортам. [Кубарев П.И., 1989; Четвертакова Н.Н., 1995; Poehlman J.M., 2013].

Урожайность – сложный показатель, зависящий от многих признаков и свойств растений сорта любой сельскохозяйственной культуры. Исследованиями по моносомному анализу компонентов продуктивности пшеницы было установлено, что в их наследовании задействованы гены почти все хромосомы всех трёх геномов А, В и D [Nilan R.A., 1981; Кобылянский В.Д., 1986]. Полигенный характер наследования показателя объясняет трудности, стоящие перед селекционером на пути увеличения урожайности создаваемых сортов [Firouzian A., 2003; Alqudah A.M., 2020; Gupta P.K., 2020]. Тем не менее, многие исследователи считают, что корреляционные исследования позволяют лучше понять связь различных призна-

ков с урожайностью зерна [Маслова Г.Я., 2018А; Иванова, И.Ю., 2019; Мухордова, М.Е., 2020].

Проведенный нами корреляционный анализ позволил установить, что из двух основных элементов структуры, наибольшую роль в формировании урожайности озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья играет густота продуктивного стеблестоя (таблица 44). Связь между анализируемыми показателями прямая средней силы – коэффициенты корреляции в 2011, 2012, 2013, 2014 гг. и за весь период исследований составили: $r = 0,46 \pm 0,25$, $r = 0,37 \pm 0,26$, $r = 0,56 \pm 0,23$ (достоверно на 5 % уровне значимости), $r = 0,3 \pm 0,26$ и $r = 0,69 \pm 0,20$ (достоверно на 1 % уровне значимости), соответственно.

Таблица 44 – Коэффициенты корреляции ($r \pm Sr$) между урожайностью озимой мягкой пшеницы и элементами её структуры

Показатель	Год урожая				Среднее
	2011	2012	2013	2014	
Число растений к уборке	0,07 \pm 0,28	0,21 \pm 0,27	0,26 \pm 0,27	0,32 \pm 0,26	0,45 \pm 0,25
Число продуктивных стеблей к уборке	0,46 \pm 0,25	0,37 \pm 0,26	0,56 \pm 0,23*	0,30 \pm 0,26	0,69 \pm 0,20**
Продуктивная кустистость	-0,02 \pm 0,28	0,08 \pm 0,28	0,53 \pm 0,24	-0,07 \pm 0,28	0,08 \pm 0,28
Полевая всхожесть	0,46 \pm 0,25	0,49 \pm 0,24	-0,53 \pm 0,24	-0,35 \pm 0,26	0,17 \pm 0,27
Сохранность растений	-0,02 \pm 0,28	-0,03 \pm 0,28	0,58 \pm 0,23*	0,43 \pm 0,25	0,22 \pm 0,27
Масса зерна с растения	-0,12 \pm 0,28	-0,35 \pm 0,26	-0,09 \pm 0,28	0,35 \pm 0,26	-0,11 \pm 0,27
Масса зерна с колоса	0,21 \pm 0,27	-0,43 \pm 0,25	-0,18 \pm 0,27	0,14 \pm 0,27	-0,36 \pm 0,26
Количество зерен в колосе	0,08 \pm 0,28	-0,23 \pm 0,27	-0,22 \pm 0,27	0,10 \pm 0,28	-0,37 \pm 0,26
Масса 1000 зерен	0,23 \pm 0,27	-0,56 \pm 0,23*	-0,10 \pm 0,28	-0,03 \pm 0,28	-0,19 \pm 0,27
Длина колоса	-0,09 \pm 0,28	-0,09 \pm 0,28	-0,28 \pm 0,27	0,47 \pm 0,24	-0,27 \pm 0,27
Число колосков в колосе	-0,28 \pm 0,27	-0,15 \pm 0,27	0,17 \pm 0,27	0,56 \pm 0,23*	-0,62 \pm 0,24

*- достоверно на 5 % уровне значимости

** - достоверно на 1 % уровне значимости

Масса зерна с колоса коррелировала с урожайностью озимой мягкой пшеницы в различные годы исследований в слабой и средней степени, разнонаправленно и незначительно. Можно предположить, что в жёстких условиях среды, часто складывающихся в условиях Среднего Поволжья, когда часть растений и продуктивных стеблей озимой мягкой пшеницы выпадает в результате стрессовых факторов зимы, а также осеннего и весенне-летнего периодов вегетации, урожайность культуры будет определяться в большей степени плотностью продуктивного стеблестоя, в меньшей степени – продуктивностью соцветия. Высокая корреляционная зависимость урожайности озимой пшеницы от продуктивности соцветия, установленная П.П. Лукьяненко (1990) для северокавказского региона, по-видимому, обусловлена более мягкими зимами, лучшей влагообеспеченностью вегетационного периода культуры и, как следствие, высокой сохранностью растений и продуктивных стеблей к уборке. В наших исследованиях не было установлено достоверных и однонаправленных связей между урожайностью озимой мягкой пшеницы и многими другими элементами её структуры, что подтверждает сложный характер их наследования и влияние среды в реализации того или иного признака.

Между плотностью продуктивного стеблестоя и продуктивностью главного колоса в 2012-2014 гг. и в среднем за весь период исследований отмечалась обратная корреляционная связь разной силы (таблица 45). При этом в 2013 г. отмечена связь сильной степени, значимая на 1 % уровне – $r = -0,73 \pm 0,19$. Обратная корреляционная связь между анализируемыми показателями установлена и в исследованиях О.Г. Долговых (2009), И.А. Русанова (2010), Н.Г. Малюги (2014).

Среднее количество продуктивных стеблей на 1 м² в сортоиспытании озимой мягкой пшеницы за 4-х летний период исследований – 333 шт. (таблица 46, приложение 9). Наибольшая плотность продуктивного стеблестоя у сорта Санта (432 шт./м²), наименьшая – у сорта Бирюза (251 шт./м²). При этом сорт Санта сформировал высокую урожайность за весь период исследований (2011-2016 гг.) – 3,34 т/га, уступив стандарту Волжская К лишь 0,06 т/га (см. таблицу 41). У сорта Бирюза урожайность составила 3,09 т/га, что меньше стандарта на 0,31 т/га.

Таблица 45 – Коэффициенты корреляции ($r \pm S r$) между густотой продуктивного стеблестоя озимой пшеницы и другими элементами структуры урожайности

Показатель	Год урожая				Среднее (2011-2014 г.)
	2011	2012	2013	2014	
Продуктивная кустистость	-0,36±0,26	-0,16±0,27	0,81±0,16***	0,22±0,27	0,18±0,27
Общая кустистость	-0,48±0,24	-0,07±0,28	0,74±0,19**	-0,08±0,28	-0,03±0,28
Число растений к уборке	0,71±0,20**	0,85±0,15***	0,55±0,23*	0,50±0,24	0,73±0,19**
Число стеблей к уборке	0,98±0,06***	0,95±0,09***	0,94±0,09***	0,82±0,16***	0,92±0,11***
Сохранность растений	0,63±0,22*	0,77±0,18***	0,47±0,24	0,17±0,27	0,51±0,24
Полевая всхожесть	0,34±0,26	0,34±0,26	-0,33±0,26	-0,04±0,28	0,09±0,28
Масса зерна с главного колоса	0,02±0,28	-0,52±0,24	-0,73±0,19**	-0,22±0,27	-0,49±0,24
Число колосков в колосе	-0,14±0,27	-0,17±0,27	-0,02±0,28	-0,09±0,28	-0,04±0,28
Пары показателей					
Число растений к уборке – полевая всхожесть	-0,05±0,28	0,46±0,25	0,34±0,26	0,06±0,28	0,20±0,27
Число растений к уборке – зимостойкость	0,15±0,27	0,55±0,23*	0,42±0,25	–	0,84±0,15***
Число колосьев к уборке – зимостойкость	0,35±0,26	0,67±0,20**	0,56±0,23*	–	0,77±0,18***
Общая кустистость – продуктивная кустистость	0,98±0,06***	0,96±0,08***	0,95±0,09***	0,87±0,14***	0,85±0,15***
Число растений к уборке – продуктивная кустистость	-0,79±0,17***	-0,67±0,21**	-0,03±0,28	-0,68±0,20**	-0,43±0,25

*– достоверно на 5 % уровне значимости **– достоверно на 1 % уровне значимости

***– достоверно на 0,1 % уровне значимости

Густота продуктивного стеблестоя озимой мягкой пшеницы во все годы проведения исследований в сортовом разрезе изменялась в сильной степени – $V = 23,1-27,9$ % (таблица 47). Внутрисортовая изменчивость была слабой у сорта Би-рюза – $V = 7,3$ %, средней степени у пшениц Волжская К, Волжская СЗ, Светоч, Московская 39 – $V = 10,8-18,0$ % (рисунок 46, приложение 9). У остальных сортов число продуктивных стеблей на единице площади изменялось по годам исследований в сильной степени (V более 20 %).

Таблица 46 – Структура урожайности сортов озимой мягкой пшеницы, среднее за 2011-2014 гг.

Сорт	Урожайность, т/га	Полевая всхожесть, %	Число к уборке, шт./м ²			Общая кустистость	Продуктивная кустистость	Сохранность растений, %	Масса зерна, г с		Главный колос						Масса 1000 зерен, г
			растений	стеблей	продуктив- ных стеблей				растения	колоса	Масса зерна, г	Длина, см	Плотность, шт./10 см	Количество			
														колосков всего, шт	неразвитых колосков,	зерен, шт	
Волжская К, стандарт	3,18	62	161	461	396	3,2	2,7	42	2,6	1,0	1,2	7,1	22	16	8,1	30	38,5
Волжская 16	2,81	52	166	370	323	2,9	2,5	50	2,7	1,1	1,2	6,8	25	17	8,5	31	40,3
Волжская 100	2,89	56	163	377	327	2,5	2,2	55	2,6	1,2	1,4	8,4	20	17	5,9	29	45,5
Волжская СЗ	2,84	58	193	480	380	2,6	2,1	57	1,7	0,9	1,1	7,3	24	17	5,1	28	37,1
Безенчукская 380	2,90	55	169	427	334	3,1	2,1	53	2,1	1,0	1,1	7,2	24	17	7,2	29	38,7
Санта	3,20	66	178	476	432	2,9	2,7	43	2,4	0,9	1,0	6,0	27	16	7,9	25	38,9
Светоч	3,27	66	174	433	368	3,0	2,6	44	3,2	1,2	1,4	6,4	24	15	6,8	32	43,3
Ресурс	2,80	70	184	386	328	2,6	2,2	45	2,7	1,2	1,4	6,7	24	16	5,1	34	41,9
Бирюза	2,89	64	138	328	251	2,5	1,9	38	1,9	1,0	1,2	7,0	22	15	3,5	33	37,5
Казанская 285	3,01	60	161	404	352	2,6	2,3	46	2,4	1,0	1,2	7,2	23	16	6,7	30	40,3
Московская 39	2,73	67	192	390	360	2,2	2,0	49	2,0	1,0	1,1	8,2	21	17	6,5	28	38,8
Базальт	2,52	69	124	306	254	2,8	2,3	29	2,8	1,3	1,5	7,1	24	17	4,6	33	44,9
Марафон	2,56	52	114	347	286	3,6	3,0	40	3,3	1,1	1,4	6,7	25	17	2,2	32	40,9
Харьковская 92	2,76	60	130	367	315	3,4	3,0	34	3,3	1,1	1,3	6,9	24	16	6,1	31	40,4
Мироновская 808	2,94	63	142	368	297	2,8	2,3	37	2,2	0,9	1,1	7,9	20	16	5,4	26	40,9
Среднее	2,89	61	159	395	333	2,8	2,4	44	2,5	1,0	1,2	7,1	23	16	6,0	30	40,5

Таблица 47 – Элементы структуры урожайности озимой мягкой пшеницы по годам исследований и их изменчивость (число/межсортовой коэффициент вариации)

Признак	Год урожая				V, % от-до
	2011	2012	2013	2014	
Полевая всхожесть, %	62/11,9	74/13,1	65/17,0	46/8,5	61/8,5-17,0
Число растений к уборке, шт	127/49,0	198/33,1	178/ 13,8	134/55,3	159/13,8-55,3
Общее число стеблей к уборке, шт	433/23,5	427/24,1	361/20,9	356/20,7	395/20,9-24,1
Число продуктивных стеблей к уборке, шт	364/26,8	354/23,9	322/23,1	293/27,9	333/23,1-27,9
Общая кустистость	3,8/28,5	2,3/23,0	2,0/16,7	3,2/42,7	2,8/16,7-42,7
Продуктивная кустистость	3,2/29,8	1,9/17,2	1,8/18,6	2,6/47,2	2,4/17,2-47,2
Сохранность растений, %	35/54,2	45/30,7	48/25,6	49/49,9	44/25,6-54,2
Масса зерна с растения, г	3,5/39,6	1,4/29,1	1,9/15,4	3,2/46,8	2,5/15,4-46,8
Масса зерна с колоса, г	1,0/14,8	0,8/26,1	1,1/20,1	1,2/12,5	1,0/12,5-26,1
Главный колос					
Масса зерна, г	1,2/15,2	0,9/26,5	1,3/20,8	1,5/11,8	1,2/11,8-26,5
Длина колоса, см	6,3/13,6	6,7/12,0	7,5/11,2	8,0/9,5	7,1/9,5-13,6
Число колосков в колосе, шт	16/7,9	14/9,7	17/4,5	18/6,9	16/4,5-9,7
Количество неразвитых колосков, шт	8,3/51,6	4,7/40,8	5,9/53,9	5,0/43,5	6,0/40,8-53,9
Число зерен в колосе, шт	28/13,3	26/22,8	33/14,1	33/9,6	30/9,6-22,8
Масса 1000 зерен, ш	43,5/9,5	34,9/8,6	39,9/11,0	43,7/6,3	40,5/6,3-11,0
Плотность колоса, шт на 10 см длины колоса	25/10,6	21/13,5	24/11,2	23/8,9	23/8,9-13,5

Густота продуктивного стеблестоя озимой мягкой пшеницы в сильной степени зависела от продуктивной кустистости лишь в 2013 г. ($r = 0,81 \pm 0,16$, связь положительная, тесная, достоверная на 0,1 % уровне значимости). В остальные годы исследований количество продуктивных стеблей пшеницы, формирующихся на единице площади достоверно на 5, 1 и 0,1 % уровнях значимости зависело от числа растений к уборке. Коэффициенты корреляции в 2011, 2012, 2013, 2014 гг. и за весь период исследований (см. таблицу 45) составили, соответственно $r = 0,71 \pm 0,20$, $r = 0,85 \pm 0,15$ (связи положительные, сильные), $r = 0,55 \pm 0,23$, $r = 0,50 \pm 0,24$ (связи положительные, средней силы) и $r = 0,73 \pm 0,19$ (связь положительная, сильная). И число сохранившихся к уборке растений пшеницы, и густота

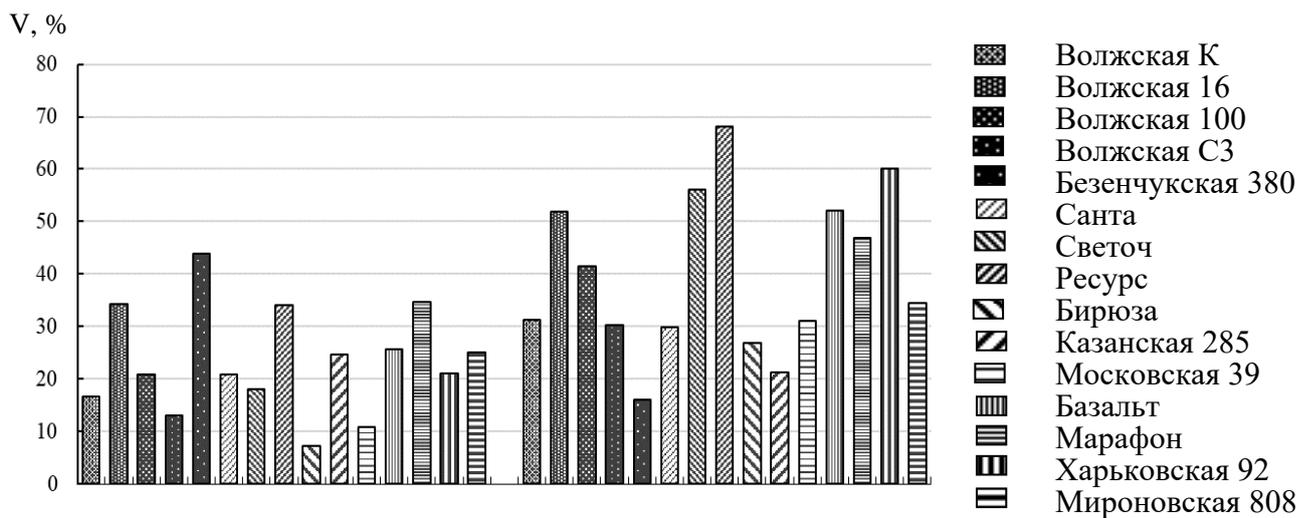
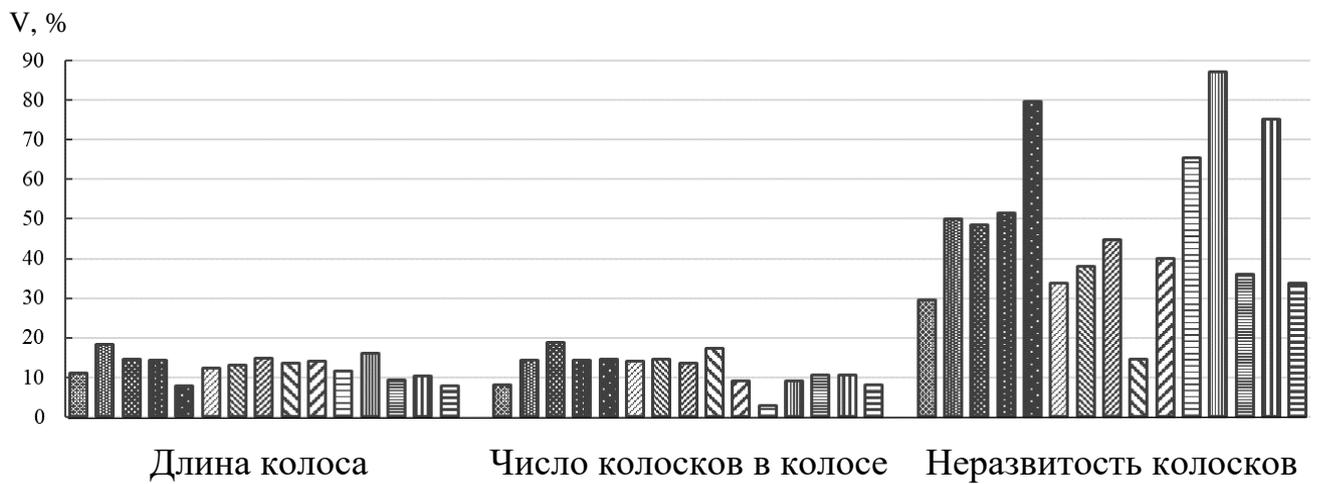
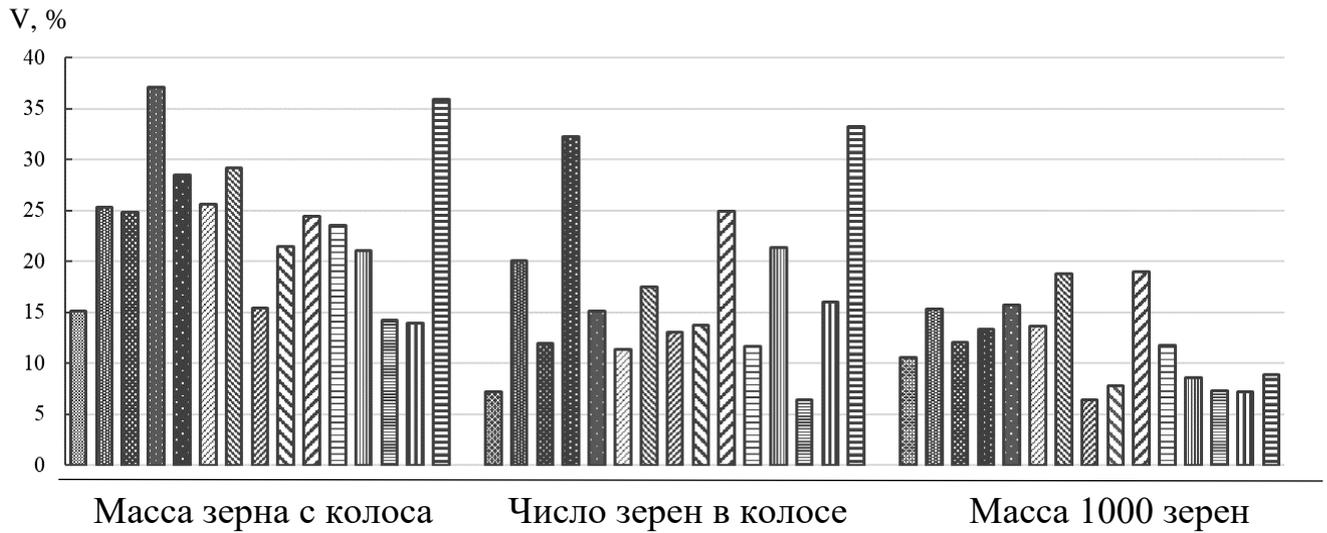


Рисунок 46 – Коэффициенты вариации (V, %) элементов структуры урожайности сортов озимой мягкой пшеницы, % (2011-2014 гг.)

продуктивного стеблестоя положительно в сильной степени коррелировали с зимостойкостью – в среднем за 2011-2013 гг. исследований $r = 0,84 \pm 0,15$ и $r = 0,77 \pm 0,18$ соответственно, что достоверно на 0,1 % уровне значимости (в 2014 г. дифференциация по зимостойкости сортов отсутствовала, см. таблицу 15).

Стрессовые факторы зимы могут вызвать не только гибель растений, но и их повреждение [Крюков А.А., 2009; Лазарев, В.И. 2015]. Густота растений озимой пшеницы изменяется за время вегетации в сторону уменьшения и зависит, главным образом, от полевой всхожести семян, устойчивости возделываемых сортов к стрессовым факторам. Количество сохранившихся растений озимой мягкой пшеницы на 1 м² к уборке в среднем за весь период исследований составило 159 шт./м² (см. таблицы 15, 46, приложение 9) с размахом изменчивости 114 шт./м² (сорт Марафон, зимостойкость 4,2 балла) – 193 шт./м² (сорт Волжская СЗ, зимостойкость 4,6 балла).

Полевая всхожесть семян озимой мягкой пшеницы в среднем за весь период исследований составила всего 61 % с вариабельностью по годам от 46 % в 2014 г. до 74 % в 2012 г. (таблица 47, приложение 9). На невысокую полевую всхожесть в целом зерновых культур указывают работы ряда авторов [Барнаков Н.В., 1982; Кудин, С.М., 2016; Догеев Г.Д., 2021].

Исследованиями не установлено достоверной связи между числом растений озимой мягкой пшеницы к уборке на единице площади и полевой всхожестью семян (см. таблицу 45). Одной из причин этому можно считать подверженность растений исследуемой культуры к стрессовым факторам периода вегетации и холодного периода года.

От неблагоприятных погодных условий может быть потеряно до 20-50 % и более растений озимой пшеницы, от конкурентной борьбы с сорняками до 15-20% [Губанов Я.В., 1988]. Часть растений погибает также и в результате внутривидовой конкуренции [Барнаков Н.В., 1982; Stougaard R.N., 2004; Шелоухова, Н.А., 2018]. В проведённых исследованиях сохранность растений озимой пшеницы к уборке варьировала от 35 % (2012 г.) до 49 % (2014 г.) при среднем её значении за весь период исследований 44 % (таблица 47, приложение 9), а изреженность соот-

ветственно от 51 % (2014 г.) до 65 % (2012 г.) при среднем её значении 56 %.

Продуктивная кустистость пшеницы определяется числом продуктивных стеблей, приходящихся на одно растение. Во влажном 2011 г. (ГТК в мае 2,1) сложились наиболее благоприятные условия для кущения – продуктивная кустистость озимой мягкой пшеницы составила 3,2, что превышает значение данного показателя в остальные годы исследований (таблица 47, приложение 9). В засушливые 2012 и 2013 гг. продуктивная кустистость составила 1,9 и 1,8, соответственно. В также засушливом 2014 г. продуктивная кустистость озимой пшеницы составила 2,6 и была обеспечена, главным образом, запасами влаги в почве, оставшимися после таяния снега. Продуктивная кустистость озимой пшеницы в зависимости от сорта и факторов внешней среды в исследованиях варьировала от 1,2 (сорт Базальт, 2013 г.) до 5,6 (сорт Харьковская 92, 2014 г.) при среднем значении за 4 года исследований – 2,4.

Выявлена сильная изменчивость продуктивной кустистости всех сортов озимой пшеницы – $V = 21,3-68,1$ % по годам исследований, за исключением сорта Безенчукская 380, варьирование показателя которого средней степени – $V = 16,0$ % (см. рисунок 46). Межсортовая изменчивость продуктивной кустистости в 2011 и 2014 гг. исследований сильная ($V = 29,8$ и $47,2$ % соответственно), в 2012 и 2013 гг. – средняя ($V = 17,2$ и $18,6$ % соответственно).

Известно, что растения пшеницы характеризуются компенсаторными свойствами – уменьшение одного элемента структуры урожайности при наличии соответствующих благоприятных погодных условий влечёт за собой увеличение другого [Paulsen G. M., 1987; Четвертакова Н.Н., 1995; Жученко А.А., 2004; Коваль С.Ф., 2005; Коновалов Ю.Б., 2013]. В 2011, 2012 и 2014 гг. исследований между числом растений озимой мягкой пшеницы, сохранившихся к уборке на единице площади, и их продуктивной кустистостью были установлены тесные обратные связи – $r = -0,79 \pm 0,17$, $r = -0,67 \pm 0,21$ и $r = -0,68 \pm 0,20$ соответственно (см. таблицу 45). Во все годы исследований продуктивная кустистость озимой мягкой пшеницы в сильной степени положительно и достоверно (0,1 % уровень значимости) коррелировала с общей кустистостью. В среднем за весь период ис-

следований связь между этими показателями прямая и сильная – $r = 0,85 \pm 0,15$.

В 2014 г. при наименьшей густоте продуктивного стеблестоя (293 колоса на 1 м²) была сформирована наибольшая урожайность среди всех лет исследований – 3,90 т/га (см. таблицу 41). При этом масса зерна с главного колоса составила 1,5 г, что на 0,2-0,6 г больше, чем в другие годы исследований (таблица 47, приложение 9).

Двухфакторным дисперсионным анализом установлено достоверное влияние генотипа, среды и их взаимодействия на изменчивость элементов структуры урожайности озимой мягкой пшеницы (рисунок 47, приложение 10).

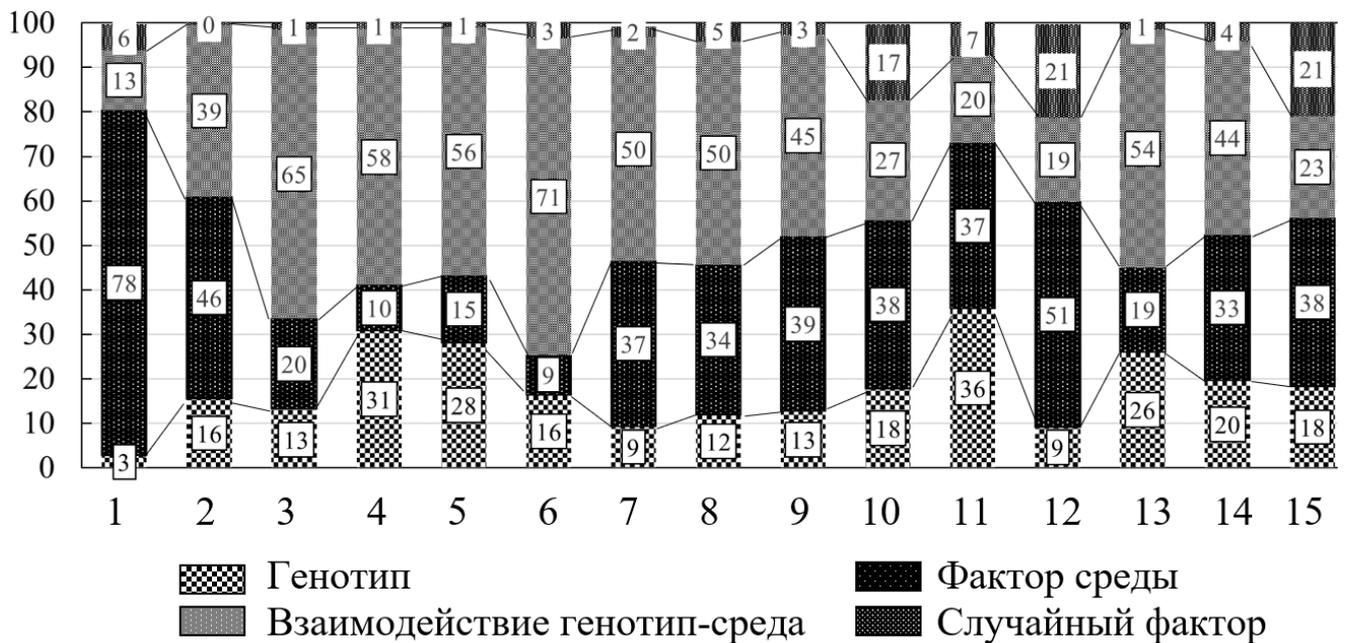


Рисунок 47 – Вклад разных факторов в изменчивость урожайности озимой мягкой пшеницы (2011-2016 гг.) и слагаемых её элементов (2011-2014 гг.), %

1 – урожайность, 2 – полевая всхожесть, 3 – число растений к уборке, 4 – густота продуктивного стеблестоя, 5 – число стеблей к уборке, 6 – сохранность растений, 7 – общая кустистость, 8 – продуктивная кустистость, 9 – масса зерна с растения, 10 – масса зерна с колоса, 11 – длина колоса, 12 – число колосков в колосе, 13 – количество неразвитых колосков, 14 – число зерен в колосе, 15 – масса 1000 зерен

Среди рассмотренных признаков наибольший вклад генотипа установлен в изменчивости числа продуктивных стеблей (31 %) и общего числа стеблей озимой пшеницы на единице площади (28 %) при сравнительно незначительном вкладе условий среды (10 и 15 % соответственно). Наибольший вклад условий среды отмечен в изменчивости полевой всхожести (46 %), общей кустистости (37 %) и

продуктивной кустистости (34 %). Следовательно, отбор генотипов, опираясь на данные признаки, затруднителен.

Изменчивость густоты продуктивного стеблестоя и всех признаков, её обуславливающих в значительной степени связана с эффектом взаимодействия генотипа и среды – вклад 39-71 %. Это указывает на отзывчивость признаков на улучшение условий среды, в том числе условий агротехники.

Таким образом, в лесостепи Среднего Поволжья наибольший вклад из двух основных элементов её структуры в урожайность озимой мягкой пшеницы вносит густота продуктивного стеблестоя, зависящая в свою очередь, главным образом, от числа растений, сохранившихся к уборке. Между полевой всхожестью и числом растений озимой мягкой пшеницы к уборке на единице площади статистически достоверные связи не установлены.

Густота продуктивного стеблестоя характеризуется сильной изменчивостью ($V = 23,1-27,3$ %), которая обусловлена в наибольшей степени эффектом взаимодействия генотипа и среды (вклад 57,5 %), в меньшей степени генотипом (вклад 30,8 %) и условиями среды (вклад 10,3 %). По данному признаку можно ожидать довольно высокую эффективность отбора в селекции, так как изменчивость в большей степени обусловлена генотипом, а не условиями среды. Изменчивость всех признаков, обуславливающих густоту продуктивного стеблестоя озимой пшеницы, связана в значительной степени с эффектом взаимодействия генотипа и среды (вклад 39-71 %). Это означает, что достичь их улучшения можно подбором оптимальных агротехнических мероприятий, разработкой сортовых агротехнологий при возделывании культуры, использованием её сортового разнообразия.

4.4.2.2 Продуктивность главного колоса и элементы её структуры

При определении элементов, составляющих структуру главного колоса озимой пшеницы, была использована выборка из пробного снопа в количестве 30 главных соцветий. Между продуктивностью главного и среднего колоса озимой мягкой пшеницы (приложение 9) установлена сильная, прямая, достоверная на 0,1

% уровне корреляционная связь, близкая к функциональной – в среднем за весь период исследований $r = 0,93 \pm 0,06$ (таблица 48).

Таблица 48 – Коэффициенты корреляции ($r \pm Sr$) между элементами структуры главного колоса озимой мягкой пшеницы

Анализируемая пара показателей	Год урожая				Среднее
	2011	2012	2013	2014	
Продуктивность главного колоса-продуктивность среднего колоса	0,97±0,06***	0,99±0,04***	0,98±0,05***	0,97±0,06***	0,93±0,06***
Продуктивность колоса-количество зерен в колосе	0,79±0,17***	0,93±0,1***	0,85±0,15***	0,87±0,14***	0,84±0,15***
Продуктивность колоса-масса 1000 зерен	0,49±0,24	0,66±0,21**	0,76±0,18**	0,69±0,20**	0,75±0,18**
Продуктивность колоса-длина колоса	0,45±0,25	-0,13±0,27	0,10±0,28	-0,05±0,28	-0,11±0,28
Продуктивность колоса-число колосков в колосе	0,17±0,27	0,001±0,28	0,21±0,27	0,31±0,26	-0,02±0,28
Продуктивность колоса-неразвитые колоски	-0,26±0,27	-0,28±0,27	-0,79±0,17***	0,03±0,28	-0,29±0,27
Масса 1000 зерен-число зерен	-0,12±0,28	0,39±0,26	0,31±0,26	0,30±0,26	0,35±0,26
Длина колоса-число зерен	0,37±0,26	-0,18±0,27	0,23±0,27	-0,05±0,28	-0,25±0,27
Длина колоса-число колосков	0,56±0,23*	0,19±0,27	0,27±0,27	0,37±0,26	0,43±0,25
Число колосков-количество неразвитых колосков	0,36±0,26	-0,11±0,28	-0,07±0,28	-0,16±0,27	-0,01±0,28
Число колосков-число зерен	-0,01±0,28	-0,09±0,28	0,21±0,27	0,26±0,27	-0,15±0,27

*– достоверно на 5 % уровне значимости

**– достоверно на 1 % уровне значимости

***– достоверно на 0,1 % уровне значимости

Как было отмечено выше (см. таблицу 44), между массой зерна с колоса и урожайностью озимой мягкой пшеницы в целом по сортоиспытанию не установлено достоверной положительной связи. Вместе с тем известно, что корреляция отражает только общую закономерность и не учитывает частные случаи. Это

означает, что вклад в урожайность отдельных элементов её структуры у разных сортов и в разные годы может быть различным [Borojevic S., 1981; Leilah A.A., 2005; Марченко, Д.М., 2011].

Наиболее крупный колос среди других лет исследований (масса зерна с колоса 1,5 г) и высокая урожайность в сортоиспытании озимой мягкой пшеницы (3,90 т/га) были сформированы в 2014 г. (см. таблицы 41, 47, приложение 9). В 2011 г. также была получена относительно высокая урожайность исследуемой культуры (3,64 т/га), а продуктивность колоса соответствовала её среднему значению за 4 года исследований – 1,2 г. В 2012 г. продуктивность колоса озимой пшеницы и урожайность были самыми низкими среди других лет исследований (0,9 г и 1,81 т/га соответственно), что явилось следствием повреждения посевов шведской мухой и засушливых условий в весенне-летний период вегетации (приложения 2 и 7). В 2012 и 2013 гг. исследований наблюдалась наибольшая межсортовая вариабельность по продуктивности колоса ($V = 26,5$ и $20,8$ % соответственно), что свидетельствует о различной устойчивости изучаемых сортов к засухе и другим стрессовым факторам среды (таблица 47, приложение 9). Внутрисортовая изменчивость анализируемого показателя у сортов Волжская К, Ресурс, Марафон, Харьковская 92 средней степени ($V = 13,9-15,4$ %), у остальных пшениц – сильная ($V > 20,0$ %).

Наибольшая продуктивность главного колоса установлена у сорта Базальт – среднее значение за весь период исследований 1,5 г, максимальное – 1,9 г (2013 г.). Стабильно высокой продуктивностью главного колоса во все годы исследований характеризовался сорт Ресурс, масса зерна с колоса которого превышала как значения данного показателя стандарта Волжская К, так и средние значения по опытам разных лет. Его средняя продуктивность колоса за 4-х летний период исследований составила 1,4 г (приложение 9).

Продуктивность колоса складывается из 2-х основных составляющих – числа зёрен в колосе и массы 1000 зёрен. Установлено, что в лесостепи Среднего Поволжья оба элемента структуры вносят существенный вклад в формирование продуктивности колоса, о чём свидетельствуют достоверные прямые тесные корре-

ляционные связи (см таблицу 48). В среднем за весь период исследований коэффициент корреляции между продуктивностью колоса и его озернёностью составил $r = 0,84 \pm 0,15$, между продуктивностью колоса и массой 1000 зёрен – $r = 0,75 \pm 0,18$. Из двух элементов структуры, озернёность колоса все-таки в большей степени определяет продуктивность соцветия (коэффициенты корреляции во все годы исследований значимы на 0,1 % уровне).

Количество зёрен в колосе зависит от числа цветков и их редукции [Ф.М Куперман, 1977]. Исследованиями установлено, что в зоне проведения исследований главный колос озимой мягкой пшеницы в среднем имеет 16 колосков и 30 зёрен (таблица 47, приложение 9). Если брать во внимание, что в каждом колоске закладывается 5-7 цветочных бугорков [Абрамова З.В., 1992], то потенциально число зёрен в колосе может достигать 112 шт. При фактической озернёности в 30 шт. можно констатировать, что реализация потенциальной продуктивности главного колоса составляет 26,8 %. Отдельные авторы [Плешаков А.А., 2020] указывают на большее число закладываемых цветочных бугорков (7-10) колоска колоса пшеницы.

Наименьшая озернёность колоса пшеницы отмечена в 2012 г. – 26 зёрен в колосе. Причиной этого можно считать повреждение посевов исследуемой культуры шведской мухой. В анализируемом году наблюдалась наибольшая межсортовая вариабельность по данному показателю ($V = 22,7 \%$), что, главным образом, было связано с различной устойчивостью сортов к вредителю. Наивысшей озернёностью колоса (29-35 шт.) характеризовались сорта Бирюза, Базальт. Марафон, Казанская 285 и Харьковская 92 (таблица 47, приложение 9). Ежегодное превышение по данному показателю над средним значением в опытах разных лет (26-33 зёрен в колосе) имели сорта Ресурс, Базальт, Бирюза, Марафон. Максимальное количество зёрен в колосе отмечено в 2013 г. у сорта Базальт – 42 зерна.

Слабая изменчивость озернёности колоса (V до 10 %) отмечена у сортов Волжская К и Марафон, сильная (V более 20 %) – у пшениц Волжская С3, Казанская 285, Базальт, Мироновская 808 (см. рисунок 46, приложение 9). Изменчивость озернёности колоса остальных сортов озимой пшеницы была средней сте-

пени ($V = 11,4-20,0 \%$).

К составляющим продуктивности колоса также относятся длина колоса и число колосков в колосе [Куперман Ф.М., 1977; Коломейченко, В.В., 2007].

Наименьшая длина колоса отмечена в 2011 г. – 6,3 см (таблица 47, приложение 9). При среднем числе колосков в колосе 16 шт. колос озимой мягкой пшеницы имел наибольшую плотность среди 4-х лет исследований – 25 колосков на 10 см длины колоса (приложение 9). В анализируемом году отмечена прямая корреляционная связь средней силы между длиной колоса и числом колосков в колосе – $r = 0,56 \pm 0,23$, достоверно на 5 % уровне значимости (см. таблицу 48).

Наибольшие длина колоса озимой мягкой пшеницы и число колосков в колосе установлены в 2014 г. – 8,0 см и 18 шт. соответственно при средней его плотности – 23 колоска на 10 см длины. Как было отмечено выше, в исследуемом году был сформирован также наиболее крупный колос – 1,5 г среди других лет исследований и высокая урожайность – 3,90 т/га (приложение 9, см. таблицу 41, 47). Также выявлены положительные корреляционные связи средней силы (см. таблицы 44 и 48) между длиной колоса исследуемой культуры и урожайностью ($r = 0,47 \pm 0,24$), между числом колосков в колосе и его продуктивностью ($r = 0,31 \pm 0,26$), между числом колосков в колосе и урожайностью ($r = 0,56 \pm 0,23$, достоверно на 5 % уровне значимости).

Длина колоса озимой мягкой пшеницы в сортоиспытаниях в зависимости от сорта и условий года варьировала от 5,3 см (сорт Светоч, 2012 г.) до 10,1 см (сорт Волжская 100, 2014 г.) при среднем значении за 4 года исследований – 7,1 см. Во все годы исследований длинный колос (выше средних значений по опытам разных лет) имели сорта Волжская 100, Московская 39. Межсортная вариабельность длины колоса в годы исследований отмечена слабой и средней степени – $V = 9,5-13,6 \%$ (см. таблицу 47).

В продуктивности колоса озимой мягкой пшеницы число колосков является базисным, так как закладывается и формируется первым, что означает возможность компенсации органами, образующимися позднее. Среднее число колосков в колосе за весь период исследований – 16 шт. (см. таблицы 46, 47, приложение 9).

Наибольшим числом колосков в колосе характеризовался сорт Безенчукская 380 (20 колосков, 2014 г.), а также – сорта Волжская 16, Волжская С3, Волжская 100, Ресурс (19 колосков, 2014 г.). По мнению J. Foltyn (1977), экологический максимум у среднеевропейских сортов пшеницы составляет 21 колосок в колосе.

Наибольшее число колосков в колосе – 18 шт. наблюдалось в 2013, 2014 гг., в которые отмечалась наименьшая густота продуктивного стеблестоя – 293 и 322 колоса на 1 м² соответственно (таблица 47, приложение 9). Однако достоверные корреляционные связи между рассматриваемой парой показателей установлены не были (см. таблицу 45).

Наибольший процент неразвитых колосков отмечен во влажном и прохладном 2011 г. – 8,3 % от общего количества колосков при среднем значении за весь период исследований 6,0 % (таблица 47, приложение 9). Продуктивность колоса коррелировала отрицательно с количеством неразвитых колосков колоса озимой пшеницы в 2011, 2012 и в 2013 гг. и в среднем за весь период исследований (см. таблицу 48). Наиболее сильной эта связь была в 2013 г. – $r = -0,79 \pm 0,17$, что достоверно на 0,1 % значимости. Незначительным процентом неразвитых колосков в колосе в среднем за весь период исследований характеризовались лишь сорта Марафон и Бирюза (2,2 и 3,5 % соответственно).

По анализируемому показателю установлена наибольшая межсортовая вариабельность ($V = 40,8-53,9$ %) и внутрисортовая изменчивость ($V = 29,5-87,1$ %) среди других изучаемых показателей структуры колоса (см. таблицу 47, рисунок 46, приложение 9). Это указывает на значительное влияние условий среды в период дифференциации колоса и на сортовые различия по этому показателю. В средней степени признак неразвитости колосков варьировал только у сорта Бирюза ($V = 14,7$ %).

Масса 1000 зёрен – важный элемент структуры продуктивности колоса и урожайности в целом, формирующийся в конце онтогенеза пшеницы [Коптик И.К., 2000; Leilah, A.A. 2005; Лихочвор В.В., 2008; Маслова, Г.Я., 2018^A]. Поэтому в случае неблагоприятных условий в период налива зерна снижение урожая зерна уже не может быть компенсировано никакими другими слагающими урожайно-

сти. Во все годы исследований между продуктивностью колоса и массой 1000 зёрен установлены прямые корреляционные связи, в 2012-2014 гг. связи тесные, достоверные на 1 % уровне значимости (см. таблицу 48).

Некоторые литературные источники [Коваль С.Ф., 2005; Коновалов Ю.Б., 2013] указывают на существование отрицательной связи между показателями число зёрен в колосе и массы 1000 зёрен. Авторы полагают, что физиологическая основа такой корреляции заключается в том, что число зёрен и масса зерна в соцветии зависят от общего количества ассимилятов растения и увеличение одного элемента влечёт за собой уменьшение другого. В проведённых нами исследованиях не установлено достоверных прямых и обратных зависимостей между анализируемыми показателями. Это означает, что можно предполагать повышение продуктивности колоса озимой пшеницы за счёт увеличения и числа зёрен и их крупности.

Среднее значение показателя масса 1000 зёрен озимой мягкой пшеницы за весь период исследований составило 40,5 г (см. таблицы 46, 47, приложение 9). Наиболее крупное зерно было сформировано в урожайные 2011 и 2014 гг. (масса 1000 зёрен 43,5 г и 43,7 г соответственно). Стабильно крупное зерно, независимо от складывающихся условий среды, формируют сорта Волжская 100, Базальт (в среднем за исследуемый период масса 1000 зёрен 44,9-45,5 г). Наиболее крупное зерно отмечено у сорта Казанская 285 – масса 1000 зёрен 50,0 г (2011 г.).

Мелкозёрность озимой мягкой пшеницы в 2012 г. была обусловлено как засушливыми явлениями периода налива зерна, так и поврежденностью посевов исследуемой культуры шведской мухой (масса 1000 зёрен 34,9 г). Межсортовая изменчивость показателя массы 1000 зёрен во все годы исследований слабая – V до 11,0 % (см. таблицу 47, приложение 9). Внутрисортовая вариабельность анализируемого показателя у сортов Ресурс, Бирюза, Марафон, Базальт, Харьковская 92, Мироновская 808 слабая – $V = 7,2-8,9$ % (рисунок 46), у остальных пшениц – средней степени ($V = 10,6-19,0$ %).

Г. Штурм и Ф.А. Беккер (2013) сообщают, что масса зерновки определяется как условиями развития, так и длиной цветковых чешуй, рост которых заканчива-

ется уже во время колошения. Авторы считают, что позднее минеральное удобрение в фазе колошения – цветения, а также своевременная обработка посевов против грибных листовых болезней способствуют увеличению цветковых чешуй, росту зерен до полного заполнения пространства между ними.

Среди рассмотренных элементов структуры колоса пшеницы относительно большой вклад в изменчивость количества неразвитых колосков вносит генотип (фактор *B*) – 26,1 %, при меньшем вкладе условий среды (фактор *A*) – 18,9 %, что может служить важным критерием для отбора в селекционном процессе культуры (см. рисунок 47, приложение 10). Влияние генотипа и условий среды в изменчивости длины колоса почти равное (35,8 и 37,2 % соответственно). Вклад условий среды преобладает над вкладом генотипа в изменчивости признаков, связанных с колосом: массы зерна, числа колосков, числа зерен, массы 1000 зерен (33-51 %). Следовательно, отбор генотипов в селекционном процессе исследуемой культуры по этим признакам затруднителен. Значительным является влияние эффекта взаимодействия генотипа и среды (взаимодействие факторов *AxB*) на изменчивость количества неразвитых колосков (53,5 %), массы зерна с растения (45,3 %), число зерен в колосе (43,5 %). Это указывает на то, что данные признаки характеризуются высокой отзывчивостью на улучшение любых условий среды, в том числе на оптимизацию агротехнических мероприятий, особенно сопряженных с периодами их закладки и формирования. В меньшей степени подвержены улучшению агротехническими мероприятиями признаки длина колоса, число колосков в колосе и масса 1000 зёрен (вклад взаимодействия генотипа и среды – 19,7, 18,9 и 19,0 % соответственно).

Таким образом, продуктивность колоса озимой мягкой пшеницы в сильной степени коррелирует с обоими основными составляющими элементами её структуры: и с массой 1000 зёрен ($r = 0,75 \pm 0,18$) и, главным образом, с его озернёностью ($r = 0,84 \pm 0,15$). Отбор по этим признакам в селекции исследуемой культуры малоэффективен, так как относительно велико влияние условий среды (вклад в изменчивость признаков 37,8 и 32,8 % соответственно). Среди элементов структуры колоса наибольшая изменчивость ($V = 40,8-53,9$ %) установлена для призна-

ка «количество неразвитых колосков», в варьировании которого вклад генотипа составляет 26,1 %, при вкладе условий среды 18,9 %. Данный признак достоин внимания при проведении отбора в селекционном процессе озимой пшеницы. Велико влияние эффекта взаимодействия генотипа и среды на изменчивость признаков «количество зёрен в колосе» и «количество неразвитых колосков» – 43,5 и 53,5 % соответственно, что указывает на возможное их улучшение путем оптимизации условий среды, разработки сортовых агротехнологий, а также на необходимость наличия сортового разнообразия при возделывании культуры.

Анализ структуры урожайности показал, что в современных агроэкологических условиях лесостепи Среднего Поволжья сортимент озимой мягкой пшеницы имеет следующие усреднённые параметры: урожайность – 3,15 т/га, число растений к уборке – 159 шт./м², общее число стеблей к уборке – 395 шт./м², в том числе продуктивных – 333 шт./ м², общая кустистость – 2,8, продуктивная кустистость – 2,4, масса зерна с растения – 2,5 г, масса зерна главного колоса – 1,2 г, его длина 7,1 см, число колосков в колосе – 16 шт., плотность колоса – 23 колоска на 10 см длины колосового стержня, процент развитости колосков в колосе – 94 % (неразвитости – 6 %), число зёрен в колосе – 30 шт., масса 1000 зёрен – 40,5 г.

В результате стрессовых факторов зимы, а также осеннего и весенне-летнего периодов вегетации культуры значительная часть растений выпадает (сохранность 44 %). Это указывает на важность использования в производстве адаптивного сортимента озимых пшениц.

4.5 Оценка параметров экологической адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы по показателю «урожайность зерна»

Одним из основных требований, предъявляемых к сорту любой сельскохозяйственной культуры на современном этапе, является приспособленность к экологическим факторам среды, часто лимитирующим формирование потенциально возможной урожайности [Корзун А.С., 2011; Репко Н.В., 2018; Aryal J.P. 2020; Mahmood N., 2020]. Остро эта проблема стоит во многих регионах страны, в том

числе и в Среднем Поволжье, с резким проявлением неблагоприятных для растенных элементов климата [Захарова Н.Н., 2015; Сухоруков А.Ф., 2017; Косенко С.В., 2019; Маслова Г.Я., 2019].

Адаптивный потенциал сорта определяет возможность реализации присущих ему признаков и свойств и урожайности, как результирующего показателя, в тех или иных агроэкологических условиях. [Жученко А.А., 2004; Кононенко Л.А., 2010; Кривобочек В.Г., 2010; Рыбась И.А., 2016].

Достаточно продуктивным для оценки экологической адаптивности, считается использование комплекса параметров [Сюков В.В., 2006; Давыдова Н.В., 2020; Захаров В.Г., 2020].

Урожайность зерна пшеницы является главным и обобщающим показателем, характеризующим конечный результат взаимодействия генотипа и условий среды. В проведённых нами исследованиях на основе показателя «урожайность зерна» был рассчитан ряд параметров для сравнительной оценки адаптивных свойств изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы.

Одним из наиболее часто используемых статистических показателей, характеризующих изменчивость, является коэффициент вариации (V). Характер варьирования урожайности показывает различия в адаптивности сортов озимой пшеницы к местным условиям. Внутрисортная изменчивость урожайности у всех исследуемых генотипов сильной степени – $V = 24,5-54,9 \%$ (таблица 49). Это свидетельствует о значительном влиянии фактора среды на формирование урожайности исследуемого сортимента озимой пшеницы. Наименьшая вариабельность урожайности отмечена у сорта Безенчукская 380 ($V = 24,5 \%$), а наибольшая – у сорта Ресурс ($V = 54,9 \%$). Внутрисортные различия урожайности по годам исследований зачастую перекрывают межсортные различия (см. таблицу 41). Межсортная изменчивость урожайности озимой пшеницы во все годы исследований была средней степени – $V = 10,7-18,0 \%$, за исключением 2013 г., в котором варьирование урожайности отмечено сильной степени – $V = 27,9 \%$, главным образом вследствие различной устойчивости сортов к шведской мухе (приложение 7).

Таблица 49 – Показатели адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы, среднее за 2011-2016 гг.

Сорт	Урожайность, т/га		Реализация потенциала урожайности, %	Коэффициент вариации V , %	Пластичность (bi)	Стабильность, Sd^2	Гомеостатичность, Hom	Селекционная ценность гено-типа, Sc	Стрессоустойчивость, $min-max$	Фенотипическая стабильность, SF
	средняя	лимиты								
Волжская К, стандарт	3,40	2,12-4,84	70,2	31,9	0,91	5,58	10,7	1,49	-2,72	2,3
Волжская 16	3,07	1,31-4,27	71,9	37,4	0,92	12,80	8,2	0,94	-2,96	3,3
Волжская 100	3,43	1,71-6,17	55,6	48,9	1,36	15,11	7,0	0,95	-4,46	3,6
Волжская С3	3,01	1,75-4,45	67,6	34,3	0,84	9,28	8,8	1,18	-2,7	2,5
Безенчукская 380	2,93	2,17-3,82	76,7	24,5	0,56	10,08	12,0	1,66	-1,65	1,8
Санта	3,34	2,43-4,80	69,6	29,4	0,82	5,65	11,4	1,69	-2,37	2,0
Светоч	3,57	2,07-5,85	61,0	39,5	1,10	15,69	9,0	1,26	-3,78	2,8
Ресурс	3,11	1,06-5,21	59,7	54,9	1,40	14,35	5,7	0,63	-4,15	4,9
Бирюза	3,09	1,74-4,71	65,6	39,6	1,03	4,46	7,8	1,14	-2,97	2,7
Казанская 285	3,14	1,96-4,53	69,3	31,3	0,80	8,56	10,0	1,36	-2,57	2,3
Московская 39	2,91	1,31-4,44	65,5	43,3	1,01	14,09	6,7	0,86	-3,13	3,4
Базальт	2,86	1,39-4,78	59,8	47,8	1,15	6,37	6,0	0,83	-3,39	3,4
Марафон	3,15	1,51-5,85	53,8	51,6	1,16	28,38	6,1	0,81	-4,34	3,9
Харьковская 92	3,07	1,49-5,06	60,7	46,8	1,21	4,90	6,6	0,90	-3,57	3,4
Мироновская 808	3,11	1,91-4,49	69,3	30,8	0,73	13,79	10,1	1,32	-2,58	2,4

Для установления доли вкладов генотипа (сорта), внешних условий (год) и взаимодействия между ними в фенотипическую изменчивость, выражаемые в показателе «урожайность зерна», был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблица 50), который позволил выявить высокие достоверные различия между условиями среды (фактор A), сортами (фактор B) и эффектом их взаимодействия ($A \times B$).

Таблица 50 – Значимость и вклад разных факторов в формирование урожайности зерна озимой мягкой пшеницы

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	Вклад фактора, %
Общее	532,96	359	-	-	-	-
Повторения	1,67	3	0,56	4,72	2,70	0,3
Год (A)	414,63	5	82,94	705,4	2,30	77,8*
Сорт (B)	14,27	14	1,02	8,67	1,85	2,7*
Взаимодействие ($A \times B$)	70,95	70	1,01	8,62	1,44	13,3*
Остаток	31,39	267	0,12	-	-	5,9
НСР ₀₅ (A) = 0,12 т/га		НСР ₀₅ (B) = 0,19 т/га				

*– достоверно на 5 % уровне значимости

Установлено, что основное влияние на формирование урожайности озимой мягкой пшеницы в зоне проведения исследований оказывают условия среды (вклад 77,8 %). Роль сорта при этом невелика (2,7 %), что говорит о слабой экологической защищенности исследуемого сортимента озимых пшениц, хотя и статистически значима, что указывает на наличие дифференциации по адаптивности среди исследуемых генотипов.

Вклад в итоговый показатель совместного действия факторов $A \times B$ составил 13,3 %, что также является статистически достоверным и свидетельствует о резерве дальнейшего повышения урожайности озимой мягкой пшеницы, которое возможно, например, за счет формирования системы сортов, использования принципа «агроэкологической адресности» при их размещении, разработки и ис-

пользования сортовых агротехнологий.

Показатель «реализация потенциала урожайности» рассчитывается как отношение среднего её значения к максимальному, выраженное в процентах [Неттевич Э.Д., 2001]. Потенциальная урожайность – урожайность, которая могла бы сложиться в идеальных условиях при 100 % реализации генетически обусловленного урожайного потенциала сорта. Поскольку идеальные условия неизвестны, то об урожайном потенциале судят, как правило, по максимальной урожайности, когда-либо полученной. Максимальной урожайностью в годы исследований характеризовались сорта Волжская 100 (6,17 т/га, 2016 г.) и Марафон (5,85 т/га, 2016 г.), что указывает на их высокий продукционный потенциал (см. таблицу 41). Однако, реализация урожайного потенциала этих сортов отмечена низкая – 55,6 и 53,8 % соответственно (см. таблицу 49). Относительно высокая реализация потенциальной урожайности установлена у сортов Безенчукская 380 (76,7 %), Волжская 16 (71,9 %) и стандарта Волжская К (70,2 %), который является одним из самых высокоурожайных в среднем за весь период исследования (3,40 т/га).

Согласно методике S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966), коэффициент регрессии (bi) характеризует среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, показывает его пластичность и дает возможность прогнозировать изменения исследуемого признака в рамках изучаемых условий. Варианса стабильности признака (Sd^2) показывает, насколько надёжно сорт соответствует той пластичности, которую оценил коэффициент регрессии bi [Пакудин В.З., 1984].

Высокопластичные сорта с $bi > 1$ показывают своё преимущество при благоприятных условиях выращивания. Они требовательны к условиям агротехники, формируя при этом высокий урожай. Их относят к сортам интенсивного типа. Однако, при неблагоприятных условиях выращивания высокопластичные сорта характеризуются резким снижением урожайности. Высокая отзывчивость на изменение условий выращивания ($bi = 1,10-1,40$) в исследованиях установлена у сортов: Ресурс, Волжская 100, Харьковская 92, Марафон, Базальт и Светоч (таблица 51).

Таблица 51 – Пластичность и стабильность сортов озимой мягкой пшеницы

Тип сортов	Тип стабильности	Сорт	Пластичность, bi	Стабильность, Sd^2
Интенсивные сорта	низкая фенотипическая стабильность	Ресурс	1,40	14,35
		Волжская 100	1,36	15,11
	пониженная фенотипическая стабильность	Харьковская 92	1,21	4,90
	высокая фенотипическая стабильность	Марафон	1,16	28,38
		Базальт	1,15	6,37
		Светоч	1,10	15,69
Полуинтенсивные сорта	высокая фенотипическая стабильность	Бирюза	1,03	4,46
		Московская 39	1,01	14,09
		Волжская 16	0,92	12,80
		Волжская К	0,91	5,58
Экстенсивные сорта	высокая фенотипическая стабильность	Волжская СЗ	0,84	9,28
		Санта	0,82	5,65
		Казанская 285	0,80	8,56
	пониженная фенотипическая стабильность	Мироновская 808	0,73	13,79
	низкая фенотипическая стабильность	Безенчукская 380	0,56	10,08

В соответствии с предлагаемой интерпретацией С.П. Мартынова (1999) методики S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) сорта озимой пшеницы Ресурс и Волжская 100 определяются как интенсивные формы с низкой фенотипической стабильностью ($1,3 < bi < 1,4$). В контрастных условиях среды эти сорта могут формировать очень высокую и очень низкую урожайность. Отклонения дисперсии признака урожайности относительно линии регрессии у данных сортов являются значительными ($Sd^2 > 10,0$), что свидетельствует об очень низкой стабильности их реакций в различных условиях выращивания.

Сорт озимой мягкой пшеницы Харьковская 92, согласно используемой методики, является интенсивным с пониженной фенотипической стабильностью ($1,2 < bi < 1,3$). Данный сорт характеризуется несколько меньшей вариабельностью урожайности в контрастных условиях выращивания, в сравнении с сортами Волжская 100 и Ресурс. Величина дисперсии в данном случае свидетельствует о

слабом отклонении относительно линии регрессии ($Sd^2 < 5,0$) и, соответственно, стабильности реакций этого сорта в разнообразных условиях среды.

Сорта озимой пшеницы Марафон, Базальт, Светоч вошли в группу интенсивных сортов с высокой фенотипической стабильностью ($1,1 < bi < 1,2$). Среди всех интенсивных пшениц данного исследования, вышеназванные сорта характеризуются наименьшим размахом изменчивости урожайности в контрастных условиях среды, и, соответственно большей стабильностью урожайности. При этом у сорта Базальт стабильность реакций в различных условиях выращивания средней степени ($5,0 < Sd^2 < 7,5$), у сортов Марафон и Светоч – очень низкая ($Sd^2 > 10,0$).

Коэффициент регрессии на уровне единицы ($0,9 < bi < 1,1$) имеют сорта озимой пшеницы полуинтенсивного типа Бирюза, Московская 39, Волжская 16 и Волжская К, для которых характерна очень высокая фенотипическая стабильность (см. таблицу 51). Отличительным качеством таких сортов является низкий темп снижения или увеличения урожайности при ухудшении или улучшении условий среды. Стабильность реакций рассматриваемых полуинтенсивных сортов озимой пшеницы в разных средах различная – высокая (сорт Бирюза; $Sd^2 < 5,0$), средняя (сорта Волжская К; $5,0 < Sd^2 < 7,5$) и очень низкая (сорта Московская 39 и Волжская 16; $Sd^2 > 10,0$).

Сорта озимой пшеницы Волжская С3, Санта и Казанская 285 вошли в группу экстенсивных пшениц с высокой фенотипической стабильностью ($0,8 < bi < 0,9$). Их можно считать лучшими при отсутствии возможности использования в производстве средств интенсификации. Размах изменчивости урожайности в благоприятных и неблагоприятных условиях их выращивания относительно невелик. При этом сорт Санта наиболее надежно соответствует установленному типу пластичности (стабильность реакций средней степени – $5,0 < Sd^2 < 7,5$). У сортов Волжская С3 и Казанская 285 стабильность реакций низкая ($7,5 < Sd^2 < 10,0$).

Пониженной и низкой фенотипической стабильностью характеризуются соответственно экстенсивные сорта озимой пшеницы Мироновская 808 ($0,7 < bi < 0,8$) и Безенчукская 380 ($0,6 < bi < 0,7$). Величина дисперсии урожайности обоих сортов ($Sd^2 > 10,0$) свидетельствует об очень сильном отклонении значений при-

знака относительно линии регрессии и, соответственно, о низкой стабильности реакций этих пшениц в разнообразных условиях среды.

Наиболее ценными для возделывания в интенсивных условиях среди исследуемого сортимента озимых пшениц следует считать сорта Харьковская 92, Базальт, в полуинтенсивных – сорта Бирюза, Волжская К. В экстенсивных условиях возделывания озимой мягкой пшеницы лучшие результаты можно ожидать по сорту Санта. Вышеперечисленные сорта характеризуются пониженной (сорт Харьковская 92) и высокой фенотипической стабильностью (все остальные сорта) урожайности и незначительными вариансами стабильности ($Sd^2 < 7,5$).

Наглядную реакцию исследуемых сортов пшеницы на изменение условий дает метод графического анализа линий регрессии урожайности (bi) на индексы условий среды (Ij) (рисунок 48). В качестве примера на данном рисунке представлены линии регрессии 8 сортов озимой мягкой пшеницы, относящихся к различным группам, выделенным в таблице 51. Линии регрессии высокопластичных пшениц Ресурс, Харьковская 92, Базальт отличаются по углу наклона от среднепластичных сортов Бирюза и Волжская К и низкопластичных сортов Санта, Мироновская 808, Безенчукская 380.

Для выявления сортов, сочетающих высокую потенциальную урожайность в благоприятных условиях и незначительное её снижение в неблагоприятных средах, В.В. Хангильдиным (1978, 1986) был предложен критерий гомеостатичности (Hom). Чем выше гомеостатичность, тем меньше вариабельность урожайности сорта. В проведённых исследованиях наибольшими значениями гомеостатичности характеризовались сорта – стандарт Волжская К, Безенчукская 380, Санта, Казанская 285, Мироновская 808 ($Hom = 10,0-12,0$), наименьшими – пшеницы Базальт, Ресурс и Марафон ($Hom = 5,7-6,1$) (см. таблицу 49).

Важным параметром оценки адаптивных свойств сорта является также селекционная ценность генотипа (Sc) [Хангильдин В.В., 1981]. Наибольшая селекционная ценность в исследовании установлена у сортов Волжская К, Безенчукская 380, Санта ($Sc = 1,49-1,69$), наименьшая – у сорта Ресурс ($Sc = 0,63$).



Рисунок 48 – Линии регрессии по показателю «урожайность зерна» сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий среды, 2011-2016 гг.

Для оценки адаптивности сортов различных сельскохозяйственных культур может быть использован также показатель стрессоустойчивости, предложенный А.А. Rossielle и J. Hemblin (1981). Согласно мнению авторов, чем меньше разрыв между минимальной урожайностью и максимальным её значением (*min-max*), тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей. Наибольшей стрессоустойчивостью в сортоиспытаниях (см. таблицу 49) характеризовался сорт Безенчукская 380 (*min-max* = -1,65), а наименьшей – сорта Волжская 100, Ресурс, Марафон (*min-max* = -4,15...-4,46).

Показатель фенотипической стабильности (*SF*), как параметр экологической адаптивности используется для оценки способности того или иного генотипа создавать различный (узкий или широкий) диапазон фенотипов в меняющихся условиях среды [Lewis D., 1954; Кривобочек В.Г., 2019]. Он определяется отно-

шением наиболее высокого значения признака генотипа к самому низкому в варьирующих условиях среды. При $SF = 1$ генотип характеризуется максимальной фенотипической стабильностью, так как при выращивании его в разных средах признаки остаются константными. Если $SF > 1$ то фенотип неустойчив и его фенотипическая нестабильность будет больше с увеличением данного критерия [Гончаренко, А.А., 2016^Б]. Относительно высокая экологическая буферность по фенотипической стабильности урожайности зерна (см. таблицу 49) установлена для сортов озимой пшеницы Безенчукская 380 и Санта ($SF = 1,8$ и $2,0$ соответственно), низкая – для сорта Ресурс ($SF = 4,9$).

Общепринятым критерием адаптивности считается уровень урожайности сорта в разных по времени и пространству условиях среды [Donald, С.М., 1968; Кудряшов И.Н., 2005; Захаров В.Г., 2020; Давыдова Н.В., 2020]. Л.А. Животковым с соавторами (1994) была предложена методика, согласно которой урожайность исследуемых сортов сопоставляется не со стандартом, а со средней урожайностью сортоиспытания. Коэффициенты адаптивности на уровне 1,0 и выше во все годы сортоиспытаний озимой пшеницы имели только 2 сорта – Волжская К – 0,98-1,17 и Санта – 0,97-1,35 (таблица 52), что свидетельствует об их хорошей приспособленности к агроэкологическим условиям зоны проведения исследований.

Подытоживая рассмотрение различных параметров экологической адаптивности, следует отметить, что методика S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) с определением пластичности и стабильности (bi и Sd^2) необходима для установления технологии, по которой сорт озимой мягкой пшеницы лучше всего возделывать в производстве: интенсивной, полунинтенсивной или экстенсивной. В проведённых исследованиях интенсивными с невысокими значениями Sd^2 (до 7,5 %) проявили себя сорта Харьковская 92, Базальт, полунинтенсивными – Бирюза, Волжская К, экстенсивным – Санта (см. таблицу 51).

По 6-и параметрам экологической адаптивности (реализация потенциала урожайности, коэффициент вариации, гомеостатичность, селекционная ценность генотипа, стрессоустойчивость и фенотипическая стабильность) выделился сорт Безенчукская 380 (таблица 53).

Таблица 52 – Коэффициенты адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Урожайность, т/га		Коэффициенты адаптивности по годам исследований						
	средняя	лимиты	2011	2012	2013	2014	2015	2016	лимиты
Волжская К, стандарт	3,40	2,12-4,84	1,15	1,17	1,07	1,0	1,17	0,98	0,98-1,17
Волжская 16	3,07	1,31-4,27	1,07	0,72	0,97	0,96	1,18	0,86	0,72-1,18
Волжская 100	3,43	1,71-6,17	0,85	0,94	0,93	1,17	1,17	1,24	0,85-1,17
Волжская С3	3,01	1,75-4,45	0,85	0,97	1,14	0,99	0,91	0,90	0,85-1,14
Безенчукская 380	2,93	2,17-3,82	0,93	1,20	0,98	0,96	1,02	0,71	0,71-1,20
Санта	3,34	2,43-4,80	1,05	1,35	1,16	0,99	0,99	0,97	0,97-1,35
Светоч	3,57	2,07-5,85	1,26	1,14	1,32	0,87	1,02	1,18	0,87-1,32
Ресурс	3,11	1,06-5,21	1,19	0,86	0,47	1,08	0,92	1,05	0,47-1,19
Бирюза	3,09	1,74-4,71	1,04	0,96	0,90	1,01	0,93	0,95	0,90-1,04
Казанская 285	3,14	1,96-4,53	0,94	1,08	1,25	0,97	0,91	0,91	0,91-1,25
Московская 39	2,91	1,31-4,44	1,04	1,12	0,58	0,96	0,85	0,90	0,58-1,12
Базальт	2,86	1,39-4,78	0,92	0,77	0,65	0,97	0,93	0,96	0,65-0,97
Марафон	3,15	1,51-5,85	0,54	0,83	1,09	1,08	1,15	1,18	0,54-1,18
Харьковская 92	3,07	1,49-5,06	1,07	0,82	0,76	0,99	0,93	1,02	0,76-1,07
Мироновская 808	3,11	1,91-4,49	1,08	1,06	1,27	0,77	0,98	0,91	0,77-1,27

Но, сорт Безенчукская 380 в среднем за весь период исследований (2011-2016 гг.) показал одну из самых низких урожайностей – 2,93 т/га, что меньше стандарта Волжская К на 0,47 т/га (см. таблицу 52). Нередко исследователи [Тупицын Н.В., 1999; Беспалова Л.А., 2014] указывают на тот факт, что высокие адаптивные свойства того или иного генотипа часто не сочетаются с высокими продукционными возможностями. Н.В. Тупицын (1999) в этой связи отмечает, что «...задача на современном этапе заключается в нахождении компромисса между урожайностью сорта и его агроэкологической устойчивостью». Автор считает, что, ведя селекцию на повышенную экологическую устойчивость, приходится жертвовать определённой частью урожайного потенциала.

Таблица 53 – Выделившиеся по показателям адаптивности сорта озимой пшеницы (+) и их ранжирование по урожайности, 2011-2016 гг.

Сорт	Урожайность, т/га	Реализация потенциала урожайности	Коэффициент Вариации, V	Гомеостатичность, Нот	Селекционная цен- ность генотипа, Sc	Стрессоустойчивость <i>min-max</i> Б.	Фенотипическая стабильность SF	Коэффициент адаптивности
Светоч	3,57	-	-	-	-	-	-	-
Волжская 100	3,43	-	-	-	-	-	-	-
Волжская К, стандарт	3,40	+	-	+	+	-	-	+
Санта	3,34	-	-	+	+	-	+	+
Марафон	3,15	-	-	-	-	-	-	-
Казанская 285	3,14	-	-	+	-	-	-	-
Ресурс	3,11	-	-	-	-	-	-	-
Мироновская 808	3,11	-	-	+	-	-	-	-
Бирюза	3,09	-	-	-	-	-	-	-
Волжская 16	3,07	+	-	-	-	-	-	-
Харьковская 92	3,07	-	-	-	-	-	-	-
Волжская С3	3,01	-	-	-	-	-	-	-
Безенчукская 380	2,93	+	+	+	+	+	+	-
Московская 39	2,91	-	-	-	-	-	-	-
Базальт	2,86	-	-	-	-	-	-	-

По ряду параметров, характеризующих адаптивные свойства сортов озимой мягкой пшеницы (гомеостатичность, селекционная ценность генотипа коэффициент адаптивности), выделились сорта Волжская К и Санта (см. таблицу 53). Сорт Волжская К характеризуется также относительно высокой реализацией урожайного потенциала (70,2 %), а сорт Санта – фенотипической стабильностью ($SF = 2,0$). Примечательно, что рассматриваемые сорта занимают 3 и 4-ю позиции в ранжированном по урожайности списке пшениц (3,40 и 3,34 т/га соответственно). Можно считать, что в определенной степени сортами Волжская К и Санта достигнут компромисс между урожайностью и экологической адаптивностью при возделывании их в лесостепи Среднего Поволжья.

Таким образом, в современных условиях дифференцированный подход при подборе сортов озимой мягкой пшеницы для производственного использования с учетом оценки пластичности, стабильности и других параметров экологической адаптивности необходим. Он позволяет наиболее полно использовать почвенно-климатический потенциал и обеспечить повышение урожайности культуры и её стабильности.

4.6 Качество зерна озимой мягкой пшеницы

Рост производства зерна пшеницы, как важнейшей продовольственной культуры, должен сопровождаться улучшением его качества [Serpen A., 2008; Хлесткина Е.К., 2014; Shewry P.R., 2015; Arzani A., 2017; Беспалова Л.А., 2020; Morgounov A. 2020; Долгодворова Л.И., 2021; Потоцкая И.В., 2021] и, с точки зрения выражения его технологических достоинств – пригодности использования для производства муки и хлеба [Калиненко И.Г., 1995; Беспалова Л.А., 2006; Kasarda D.D., 2013; Сандухадзе Б.И., 2016^Б; Кашуба Ю.Н., 2017; Фадеева И.Д., 2018^Б; Karaduman Y., 2020]. Проблемой современной селекции пшеницы является выведение сортов, сочетающих высокую урожайность и хорошее качество зерна. [Неттевич Э.Д., 1997; Тупицын Н.В., 2014; Митрофанова О.П., 2016].

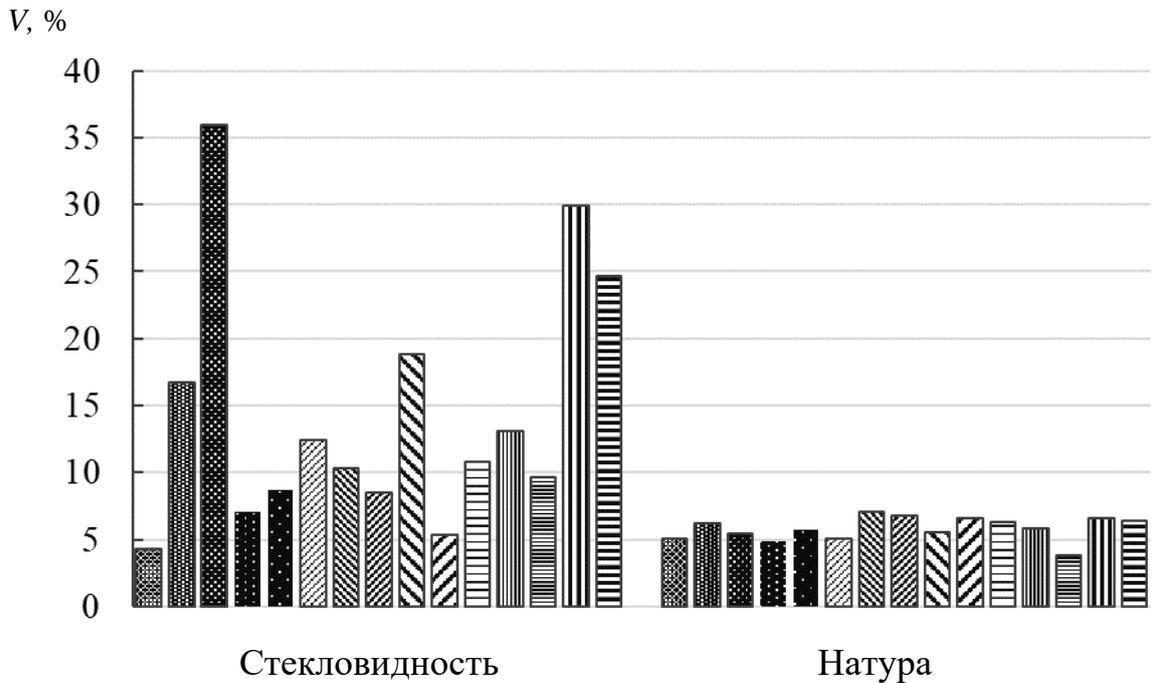
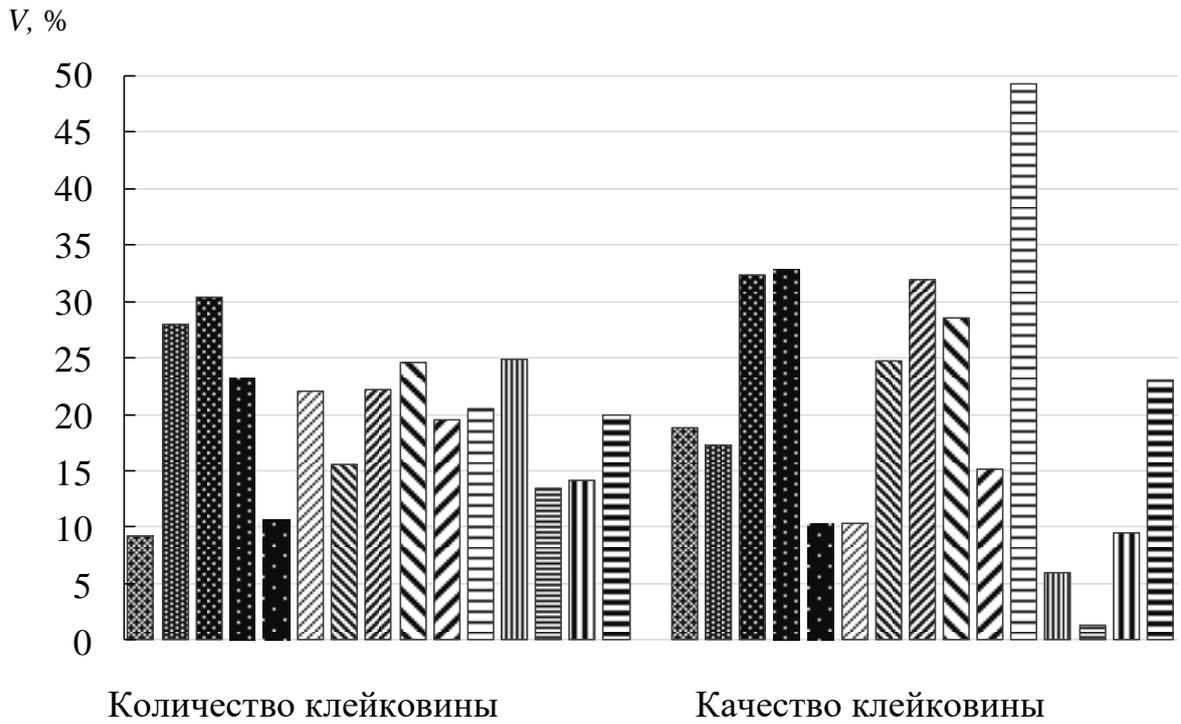
4.6.1 Количество сырой клейковины

Количество клейковины является одним из основных показателей, используемых при оценке качества зерна пшеницы. D.D. Kasarda (2013) сообщает, что содержание клейковины в пшенице примерно пропорционально содержанию белка. К числу основных факторов, влияющих на содержание белка и клейковины, относят климат, плодородие почвы и генотип сорта [Мелешкина Е.П., 2009; Прянишников А.И., 2010; Šíp V., 2013; Rozbickí J., 2015; Захарова Н.Н., 2016; Митрофанова О.П., 2016; Panfilova A., 2020].

Многие изученные в сортоиспытании пшеницы (Волжская 16, Волжская 100, Волжская С3, Санта, Ресурс, Бирюза, Московская 39 и Базальт) характеризовались сильной изменчивостью показателя «количество клейковины» – $V > 20\%$ (таблица 54, рисунок 49).

Таблица 54 – Количество клейковины (%) в зерне сортов озимой пшеницы

Сорт	Год исследований				Среднее	От-до	V, %
	2011	2012	2013	2014			
Волжская К, стандарт	27,0	28,7	33,3	31,2	30,1	27,0-33,3	9,2
Волжская 16	20,3	28,6	18,4	33,4	25,2	18,4-20,3	28,0
Волжская 100	19,5	33,6	20,2	34,4	26,9	19,5-34,4	30,4
Волжская С3	19,7	30,9	22,4	31,9	26,2	19,7-31,9	23,2
Безенчукская 380	24,4	28,7	24,1	29,6	26,7	24,1-29,6	10,7
Санта	20,0	31,2	33,2	24,8	27,3	20,0-33,2	22,1
Светоч	22,6	32,3	26,4	30,6	28,0	22,6-32,3	15,6
Ресурс	21,1	37,2	30,4	31,8	30,1	21,1-37,2	22,2
Бирюза	19,1	32,6	26,7	34,6	28,3	19,1-34,6	24,6
Казанская 285	22,0	29,6	26,6	35,2	28,4	22,0-35,2	19,5
Московская 39	32,0	20,2	31,4	32,8	29,1	20,2-32,8	20,5
Базальт	18,1	34,0	31,0	30,6	28,4	18,1-34,0	24,8
Марафон	23,5	32,3	31,2	29,8	29,2	23,5-32,3	13,5
Харьковская 92	22,4	31,4	26,9	29,6	27,6	22,4-31,4	14,2
Мироновская 808	19,3	28,1	31,0	30,4	27,2	19,3-31,0	19,9
Среднее	22,1	30,6	27,5	31,4	27,8	-	-
НСР ₀₅ , %	1,6	1,3	1,4	1,5	5,8	-	-
V, %	16,4	12,4	16,9	8,3	-	-	-
Урожайность, т/га	3,64	1,81	2,19	3,90	-	-	-



- | | | |
|------------------|---------------|-----------------|
| Волжская К | Санта | Московская 39 |
| Волжская 16 | Светоч | Базальт |
| Волжская 100 | Ресурс | Марафон |
| Волжская С3 | Бирюза | Харьковская 92 |
| Безенчукская 380 | Казанская 285 | Мироновская 808 |

Рисунок 49 – Коэффициенты вариации (V, %) показателей качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы, 2011-2014 гг.

Стабильно высоким содержанием клейковины в зерне (27,0-33,3 %) во все годы исследований характеризовался сорт-стандарт Волжская К ($V = 9,2$ %).

В общей фенотипической изменчивости показателя «количество клейковины» вклад условий среды (фактор A) наибольший и составляет 49,9 % (рисунок 50, приложение 11). Влияние генотипа (фактор B) и эффекта взаимодействия генотипа и среды ($A \times B$) на результирующий показатель в меньшей степени – 6,8 и 42,5 % соответственно, но также статистически достоверно.

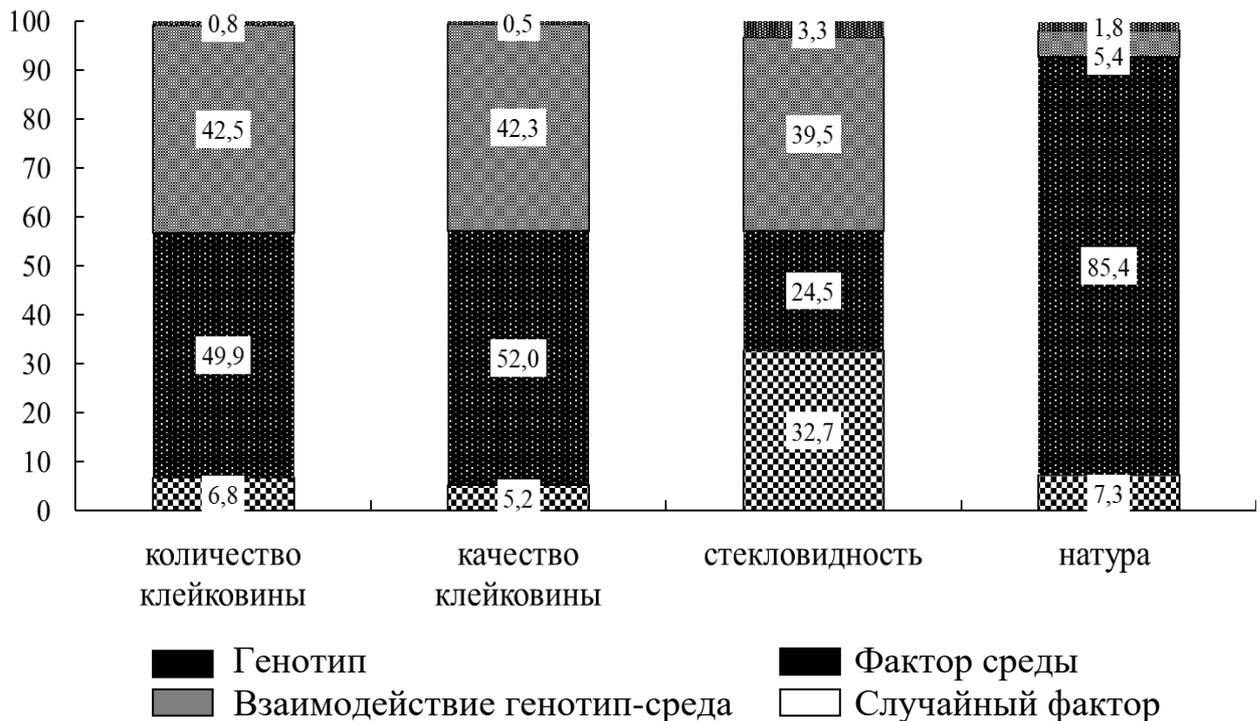


Рисунок 50 – Вклад разных факторов в формирование показателей качества зерна озимой мягкой пшеницы, 2011-2014 гг.

На большей части периода налива зерна озимой мягкой пшеницы в 2011 г. (ГТК июня = 2,2) наблюдалось избыточное увлажнение (таблица 55). Согласно А.И. Носатовскому (1965), в таких условиях создаются хорошие возможности для фотосинтеза и притока углеводов в зерно, азотистых же соединений для построения клейковинных белков поступает относительно меньше. Автор полагает, что влажные условия среды могут препятствовать накоплению белковых веществ также в связи с тем, что увлажнённая почва обедняется легкоусвояемыми формами азотной пищи из-за уменьшения концентрации почвенного раствора и замед-

ления скорости нитрификационных процессов. В 2011 г. была получена довольно высокая урожайность озимой пшеницы – 3,64 т/га при низком содержании клейковины в зерне – 22,1 %.

Таблица 55 – Увлажненность периода налива зерна озимой мягкой пшеницы, её урожайность и содержание клейковины

Показатель	Год исследований			
	2011	2012	2013	2014
ГТК июня	2,2	0,6	0,7	0,9
ГТК июля	0,3	0,9	0,8	0,1
Содержание клейковины, %	22,1	30,6	27,5	31,4
Урожайность, т /га	3,64	1,81	2,19	3,90

В 2012 и в 2013 гг. исследований на всем протяжении периода налива зерна пшеницы отмечались средне засушливые условия и недостаточное увлажнение (ГТК 0,6-0,9). В оба года исследований при низкой урожайности (1,81 и 2,19 т/га соответственно) зерно озимой пшеницы характеризовалось высоким содержанием клейковины (30,6 и 27,5 % соответственно). При дефиците влаги легкоподвижный азот в большей степени поступает в зерно пшеницы, в сравнении с влажными условиями среды, обеспечивая в нём высокое содержание клейковины [Носатовский А.И., 1965].

В 2014 г. исследований была получена самая высокая урожайность озимой мягкой пшеницы среди других лет исследований – 3,90 т/га в сочетании с высоким содержанием клейковины в зерне – 31,4 % (см. таблицу 55). Высокой урожайности способствовали хорошее развитие растений с осени, хорошая перезимовка, и запасы влаги после таяния снега. Июньский период налива зерна озимой пшеницы протекал в условиях недостаточного увлажнения (ГТК = 0,9), а июльский – в сильно засушливых (ГТК = 0,1). Можно констатировать, что засушливые условия разной интенсивности в период формирования и налива зерна озимой пшеницы положительно сказываются на содержании клейковины. В отдельные годы при выращивании озимой мягкой пшеницы возможно сочетание и высокой урожайности, и высокого содержания клейковины в зерне.

4.6.2 Качество клейковины

Качество клейковины зерна пшеницы определяется её физическими свойствами: упругостью, растяжимостью, эластичностью, связностью и способностью к набуханию [Павлов А.Н., 1992; Мелешкина, Е.П., 2009; Delcour J.A., 2012; Islam S., 2019; Долгодворова Л.И., 2021]. Качество клейковины у сортов Базальт, Марафон, Харьковская 92 изменялось в слабой степени ($V=1,3-9,5$ %), у сортов Волжская К, Волжская 16, Безенчукская 380, Санта, Казанская 285 – в средней степени ($V=10,3-18,8$ %). Остальные исследуемые сорта пшеницы характеризовались сильной изменчивостью анализируемого показателя – $V=23,0-32,8$ % (таблица 56, см. рисунок 49).

Таблица 56 – Качество клейковины сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Год исследований								Сред- нее, е.п.	V, %	Группа от-до
	2011		2012		2013		2014				
	е.п.	группа	е.п.	группа	е.п.	группа	е.п.	группа			
Волжская К, стандарт	97	II	76	I	61	I	81	II	79	18,8	I-II
Волжская 16	101	II	66	I	92	II	93	II	88	17,3	I-II
Волжская 100	117	III	61	I	62	I	89	II	82	32,3	I-III
Волжская С3	100	II	81	II	41	II	82	II	76	32,8	II
Безенчукская 380	92	II	72	I	88	II	83	II	84	10,3	I-II
Санта	94	II	75	I	78	II	87	II	84	10,4	I-II
Светоч	94	II	81	II	50	I	74	I	75	24,7	I-II
Ресурс	91	II	83	II	40	II	90	II	76	31,9	II
Бирюза	116	III	70	I	62	I	86	II	84	28,6	I-III
Казанская 285	87	II	62	I	74	I	86	II	77	15,2	I-II
Московская 39	118	III	46	I	43	I	97	II	76	49,2	I-III
Базальт	82	II	82	II	80	II	72	I	79	6,0	I-II
Марафон	87	II	87	II	85	II	85	II	86	1,3	II
Харьковская 92	86	II	79	II	70	I	86	II	80	9,5	I-II
Мироновская 808	106	III	72	I	63	I	88	II	82	23,0	I-III
Среднее	98	II-III	73	I-II	66	I-II	85	I-II	81	-	I-III
НСР ₀₅ , е.п.	4	-	5	-	3	-	3	-	-	-	-
V, %	12,0	-	14,7	-	25,9	-	7,6	-	-	-	-

По мнению Е.Д. Казакова и Г.П. Карпиленко (1995), качество клейковины на 70 % зависит от наследственных особенностей сорта, а остальные 30 % приходятся на экологические и другие экзогенные факторы. Согласно проведенным нами исследованиям, вклад условий среды (фактор *A*) в фенотипическое выражение исследуемого показателя составляет 52,0 %, сорта (фактор *B*) – 5,2 %, взаимодействия генотипа и среды (*AxB*) – 42,3 % (см. рисунок 50, приложение 11). Влияние всех факторов является статистически значимым.

А.Н. Павлов (1992) считает, что качество клейковины определяется складывающимися условиями среды, которые могут быть настолько значительными, что сорта сильной пшеницы могут дать зерно с клейковиной плохого качества. Наилучшего качества клейковина в зерне озимой мягкой пшеницы была зафиксирована в опытах 2012 и 2013 г. – I-II группа, при значениях ИДК 73 и 66 е.п. соответственно (таблица 57). В период налива зерна осадков выпало меньше нормы (107 мм) на 11 и 17 мм соответственно, при температуре на 0,9 и 0,7 °С выше среднемноголетнего значения (19,6 °С).

В 2014 г. исследований, также в засушливых условиях периода налива зерна (осадков более чем в 2 раза меньше нормы), качество клейковины у сортов озимой мягкой пшеницы соответствовало I-II группе, но было несколько худшим в

Таблица 57 – Зависимость качества клейковины озимой пшеницы от метеорологических элементов в период налива зерна (июнь-июль)

Показатель		Год исследований				Среднемноголетняя норма
		2011	2012	2013	2014	
Температура воздуха, °С,		20,3	20,5	20,3	18,5	19,6
Осадки, мм		132	96	90	52	107
Качество клейковины	е.п.	98	73	66	85	-
	группа	II-III	I-II	I-II	I-II	-

сравнении с 2012, 2013 гг. (среднее значение ИДК в опыте 85 е.п.). По-видимому, важную роль в формировании качества клейковины в исследуемом году также сыграли пониженные температуры в период налива зерна (18,5 °С), что меньше соответствующих периодов предыдущих 2-х лет и среднемноголетнего значения.

Клейковину I группы качества в 2014 г. формировали только 2 сорта озимой мягкой пшеницы – Светоч и Базальт (см. таблицу 56).

Клейковина наихудшего качества (у всех сортов озимой пшеницы II-III группа, среднее по опыту ИДК – 98 е.п.) была установлена во влажном 2011 г., когда осадков выпало на 25 мм больше нормы (107 мм), хотя температура воздуха при этом и превышала среднемноголетнюю норму (19,6 °С) на 0,7 °С.

Между урожайностью зерна и качеством клейковины достоверные корреляционные связи в годы проведения исследований не установлены (приложение 12), что даёт основание считать о возможности сочетания этих показателей в одном генотипе. В 2012 г. между количеством клейковины и её качеством выявлена сильная положительная связь $r = 0,71 \pm 0,19$ (значимая на 1 % уровне). В остальные годы исследований между анализируемыми показателями сила и характер связей менялись и достоверность их статистически не подтверждена.

Таким образом, полученные результаты позволяют заключить, что качество клейковины в значительной мере зависит от условий среды (вклад 52,0 %). Формированию клейковины хорошего качества в зоне проведения исследований благоприятствуют дефицит влаги и повышенные температуры воздуха в период налива зерна пшеницы. Влияние возделываемого сорта озимой пшеницы (вклад 5,20 %) и эффект взаимодействия генотипа среды (вклад 42,3 %) статистически значимы, что указывает на возможность улучшения качества клейковины зерна исследуемой культуры путем тщательного подбора сортов для производственного использования и их разнообразия, а также разработки и внедрения оптимальных сортовых технологий.

4.6.3 Стекловидность зерна

Стекловидность является важным косвенным показателем при оценке качества зерна пшеницы, определяющим его дальнейшее использование. От стекловидности зависят технологические, товарные и пищевые достоинства [Sieber A., 2015; Fu В.Х., 2018; Трошкин Д.Е., 2020]. В стекловидном зерне питательные ве-

щества уложены очень плотно, между ними не остается микропромежутков. В мучнистом эндосперме эти промежутки есть, они рассеивают свет, обуславливая непрозрачность, рыхлость эндосперма [Козьмина Н.П., 1976]. Л.И. Долгодворова с соавторами (2021) сообщают, что высокая стекловидность отражает повышенное содержание в зерне белковых веществ и клейковины. Согласно ГОСТ 9353-2016 (Пшеница. Технические условия), стекловидность учитывается при определении класса, типа и подтипа пшеницы. Стекловидность зависит от характера обмена веществ при наливе и созревании зерна пшеницы [Рындин А.Ю., 2013]. Являясь сортовым признаком, стекловидность может изменяться в зависимости от почвенных, агротехнических и погодных условий [Безлюдный В.Н., 2012; Сацюк И.В., 2019].

В проведённых исследованиях стекловидность зерна озимой пшеницы варьировала, как в пределах одного сорта, так и в пределах одного года между разными сортами (таблица 58).

Таблица 58 – Стекловидность зерна (%) сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Год исследований				Среднее	От-до	V, %
	2011	2012	2013	2014			
Волжская К, стандарт	75	69	69	69	71	69-75	4,3
Волжская 16	46	70	60	61	59	46-70	16,7
Волжская 100	25	67	58	51	50	25-67	35,9
Волжская С3	59	67	62	69	64	59-69	7,1
Безенчукская 380	79	81	70	68	75	70-81	8,7
Санта	54	69	59	70	63	54-70	12,4
Светоч	55	67	64	55	60	55-67	10,3
Ресурс	69	63	57	59	62	57-69	8,5
Бирюза	43	68	62	64	59	43-68	18,8
Казанская 285	74	74	66	72	72	66-74	5,3
Московская 39	66	81	64	73	71	64-81	10,8
Базальт	55	76	68	66	66	55-76	13,1
Марафон	56	63	69	69	64	56-69	9,6
Харьковская 92	33	61	73	64	58	33-64	29,9
Мироновская 808	42	75	73	58	62	42-75	24,7
Среднее	56	70	65	64	64	-	-
НСР ₀₅ , %	6	6	5	7	12	-	-
V, %	28,3	8,8	8,1	10,1	-	-	-

Наименьшая стекловидность зерна озимой мягкой пшеницы (56 %) отмечена в 2011 г., чему причиной были влажные условия в период налива зерна (осадков выпало 132 мм при среднемноголетней норме 107 мм, см. таблицу 57). Среди сортового разнообразия озимых пшениц в исследуемом году наблюдалась наибольшая вариабельность по стекловидности – $V = 28,3$ %. Низким значением анализируемого показателя характеризовался сорт Волжская 100 – его стекловидность составила 25 %, высоким – сорта Волжская К, Безенчукская 380 и Казанская 285 (74-79 %), отнесенные Всероссийским центром по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур Госсортокмиссии в группы сильных и ценных пшениц. Л.И. Долгодворова с соавторами (2021) отмечают, что стекловидность зерна основной массы сортов из генофонда высококачественных озимых пшениц составляет 70 % более.

В 2012-2014 гг. исследований стекловидность зерна сортов озимой пшеницы была высокой – в среднем по сортоиспытаниям 64-70 %, что явилось следствием засушливых условий в период налива зерна озимой пшеницы (см. таблицу 55, приложения 1, 2). В эти же годы исследований межсортовая изменчивость стекловидности установлена слабая – $V = 8,1-10,1$ %.

Стабильно высокая стекловидность зерна (64-81 %) в исследованиях установлена только у 4-х сортов озимой мягкой пшеницы – Волжская К, Безенчукская 380, Казанская 285 и Московская 39.

В фенотипической изменчивости показателя «стекловидность зерна» вклад условий среды (фактор A) составил 24,5 %, сорта (фактор B) – 32,7 %, взаимодействия генотипа и среды ($A \times B$) – 39,5 % (см. рисунок 50, приложение 11). Доминирование влияния сорта над влиянием условий среды даёт основание считать, что в селекционном процессе озимой пшеницы отбор по показателю «стекловидность зерна» должен быть эффективным.

Корреляционным анализом не выявлены достоверной связи между урожайностью озимой пшеницы и стекловидностью зерна (приложение 12). Это означает, что высокая урожайность сорта может сочетаться с высокой стекловидностью зерна.

4.6.4 Натура зерна

Натура зерна, или масса единицы объёма зерна, является одним из важных показателей, используемых при товарной классификации пшеницы во многих странах мира [ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия; Мелешкина Е.П., 2017]. В соответствии с ГОСТ 9353-2016, минимальное значение натуры зерна для мягкой пшеницы первого и второго классов составляет 750 г/л, для третьего и четвертого классов соответственно 730 и 710 г/л.

Показатель «натура зерна» у всех исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы изменялся в слабой степени – $V = 3,8-7,1$ % (таблица 59, см рисунок 49). Межсортовая изменчивость анализируемого показателя во все годы сортоиспытаний установлена также слабая – $V = 1,6-2,4$ %.

Таблица 59 – Натура зерна (г/л) сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Год исследований				Среднее	От-до	V, %
	2011	2012	2013	2014			
Волжская К, стандарт	795	760	735	825	779	735-825	5,1
Волжская 16	755	710	710	807	746	710-807	6,2
Волжская 100	750	705	730	800	746	705-800	5,4
Волжская СЗ	785	735	735	810	766	735-810	4,9
Безенчукская 380	790	735	730	820	769	730-820	5,7
Санта	790	745	735	820	773	735-820	5,1
Светоч	785	705	705	808	751	705-808	7,1
Ресурс	780	710	705	808	751	710-808	6,8
Бирюза	775	705	720	790	748	705-790	5,5
Казанская 285	800	735	720	825	770	720-800	6,6
Московская 39	770	735	695	805	751	695-805	6,3
Базальт	770	705	720	798	748	705-798	5,8
Марафон	750	730	725	788	748	725-788	3,8
Харьковская 92	780	725	730	833	767	725-833	6,6
Мироновская 808	780	735	700	810	756	700-810	6,4
Среднее	777	725	720	810	758	-	-
НСР ₀₅ , г/л	22	14	14	16	16	-	-
V, %	2,0	2,4	1,9	1,6	-	-	-

Наибольшее значение натуре зерна озимой мягкой пшеницы было отмечено в 2011 и 2014 гг. исследований – в среднем по опытам 777 и 810 г/л, что соответствует 1 и 2 классу ГОСТ 9353-2016. В эти же годы была сформирована высокая урожайность озимой пшеницы – 3,64 и 3,90 т/га соответственно (см. таблицу 41). Между урожайностью и натурой зерна в 2011, 2012, 2013 гг. и в среднем за весь период исследований установлены положительные корреляционные связи слабой и средней степени (в 2012 г. связь достоверная на 5 % уровне значимости – $r = 0,60 \pm 0,22$, приложение 12).

Низким значениям натуре зерна сортов озимой мягкой пшеницы в 2012 и 2013 гг. (725 и 720 г/л соответственно) сопутствовали засушливые условия разной интенсивности в сочетании с высокой температурой в период налива зерна (см. таблицы 55 и 57). Относительно высокими значениями натуре зерна в таких условиях среды характеризовались лишь пшеницы Санта, Волжская К, Волжская СЗ и Безенчукская 380 (730-760 г/л).

Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что доминирующее влияние на показатель «натура зерна» оказывает фактор год (*A*) – его вклад составляет 85,4 %, что достоверно на 5 % уровне значимости (см. рисунок 50, приложение 11). Влияние фактора генотип (*B*) и его взаимодействия со средой (*AxB*) в фенотипическом выражении анализируемого показателя менее значительно, но также статистически значимо – 7,3 и 5,4 % соответственно. Корреляционным анализом во все годы исследований выявлены положительные связи между натурой зерна озимой мягкой пшеницы и его стекловидностью. В 2011 г. и в среднем за весь период исследований (2011-2014 гг.) эти зависимости средней силы, достоверные на 5 % уровне значимости – $r = 0,58 \pm 0,23$ и $r = 0,53 \pm 0,23$, соответственно (приложение 12). Статистически подтверждена на 5 % уровне значимости также отрицательная корреляционная связь средней силы между натурой зерна и содержанием клейковины в 2012 г. – $r = -0,51 \pm 0,23$.

Таким образом, натура является важным показателем, нормируемым при производстве продовольственного зерна пшеницы, зависящим в том числе и от возделываемого сорта. Высокой натурой зерна среди исследуемого сортимента

озимых пшениц характеризовались Санта, Волжская К, Волжская СЗ и Безенчукская 380 (730-825 г/л). Следует констатировать, что натура зерна озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья в отдельные годы может статистически достоверно коррелировать с урожайностью и стекловидностью зерна исследуемой культуры.

Анализируя корреляционные связи между всеми показателями качества зерна, а также между показателями качества зерна и урожайностью озимой пшеницы (приложение 12), можно заметить, что достоверность их по годам исследований различная. Наибольшее количество статистически достоверных связей приходится на 2012 г. (урожайность-натура зерна, содержание клейковины-качество клейковины, содержание клейковины-стекловидность, содержание клейковины-натура зерна, качество клейковины-стекловидность). Можно предполагать, что это связано с сильной напряженностью стрессовых факторов среды в 2012 г. – $I_j = -1,34$, что больше, в сравнении с другими годами исследований (см. таблицу 41).

Рассмотрение комплекса показателей качества зерна озимой мягкой пшеницы показало, что все они достоверно зависят от сорта (вклад 5,2-32,7 %), условий среды (вклад 24,5-85,4 %) и взаимодействия генотипа и среды (вклад 5,4-42,5 %). Засушливые условия в период формирования зерна пшеницы и его налива положительно сказываются на содержании клейковины и стекловидности, а в сочетании с повышенными температурами и на качестве клейковины. Натура зерна озимой пшеницы увеличивается в условиях достаточного увлажнения. Этот показатель находится в положительной корреляционной связи с стекловидностью зерна и урожайностью исследуемой культуры.

ГЛАВА 5 РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

5.1 Стратегия селекционной работы по озимой мягкой пшенице

На современном этапе селекция на экологическую адаптивность и урожайность являются основными направлениями при выведении сортов различных сельскохозяйственных культур во многих странах мира [Worland A.J., 1998; Araus J.L., 2008; Lobell D. B., 2005; Vázquez D., 2012; Grabovets A.I., 2017; Сандухадзе Б.И., 2021^Б]. В условиях глобальных и локальных изменений климата адаптивности селектируемых генотипов и возделываемых культур должно уделяться особое внимание.

В проведённых исследованиях установлено доминирующее влияние условий среды в реализации зимостойкости озимой мягкой пшеницы, продолжительности её вегетационного периода, высоты растений, урожайности, как результирующего показателя, и элементов её структуры (рисунок 51, см. рисунок 47).

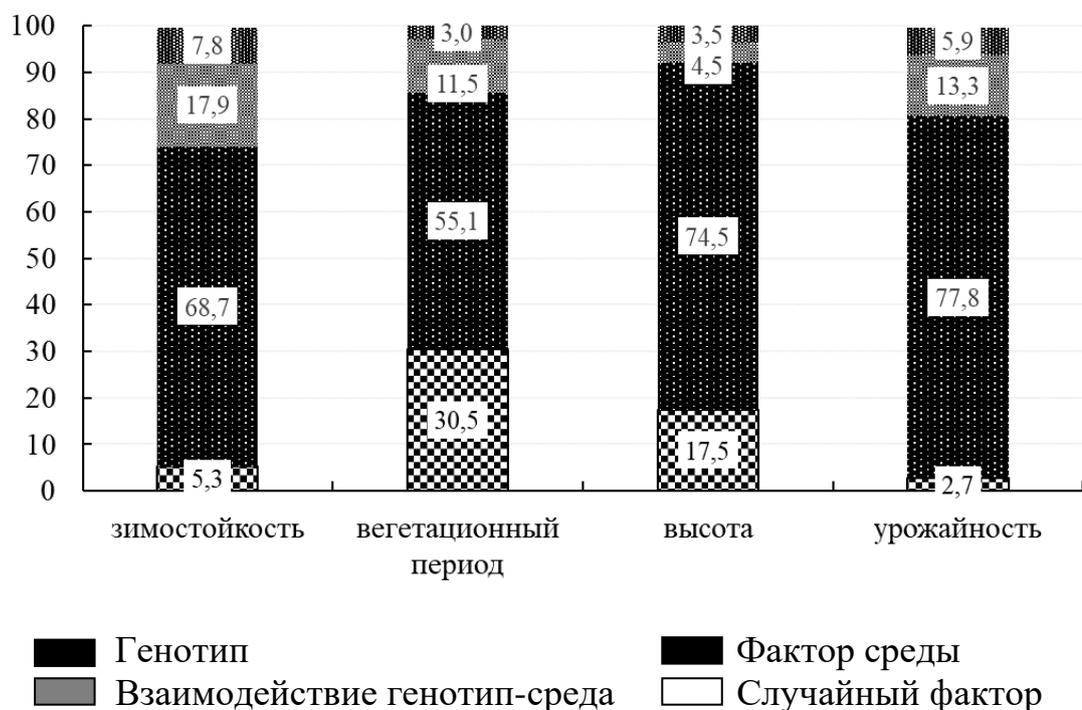


Рисунок 51 – Вклад разных факторов в реализацию хозяйственно-биологических показателей озимой мягкой пшеницы, 2011-2016 гг.

Это свидетельствует об актуальности повышения экологической адаптивности озимой мягкой пшеницы в зоне проведения исследований, в том числе и за счет её селекционного улучшения.

Теоретической предпосылкой проводимой селекционной работы с озимой мягкой пшеницей в Ульяновском ГАУ явился один из законов природы, сформулированных Н.Ф. Реймерсом (1994) – закон генетического разнообразия. С позиции этого закона, проблема адаптивности культуры в регионе может быть решена в том числе путем создания её сортового разнообразия, увеличения численности генетически разнородных сортов, взаимодополняющих друг друга по отдельным и комплексу хозяйственно-биологических признаков и свойств.

Успешным примером применения данного закона в селекционной практике является создание в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» мозаики сортов озимой мягкой пшеницы с учетом различных мезо- и микрозон Краснодарского края, предшественников, сроков сева, норм высева и др. [Беспалова Л.А., 2020]. Ученые этого научного учреждения считают, что необходимо иметь широкую линейку генотипов, своего рода «генофонд сортов», у которого более высокий гомеостаз, в сравнении с отдельно взятым сортом, что обеспечит стабильность при производстве зерновой продукции культуры. Трудно отрицать, что одному генотипу не под силу адаптивно реагировать на все стрессовые факторы внешней среды и иметь в производстве один высокоурожайный сорт культуры с широкой адаптацией всегда является риском.

Основная задача селекции озимой мягкой пшеницы в Ульяновском ГАУ на современном этапе – расширить адаптивный потенциал культуры в регионе за счет выведения системы сортов с повышенным и высоким продукционным потенциалом, различающихся по адаптивно-значимым показателям. В адаптивной селекции ключевым моментом является фон для отбора. Для создания гибридных популяций был использован исходный материал, выделенный в ходе изучения коллекционного питомника и сортимента озимых пшениц, возделываемого в производстве в Средневолжском регионе РФ. На заключительном этапе селекционного процесса по результатам предварительного и конкурсного сортоиспытаний

проведена оценка параметров экологической адаптивности селекционных линий озимой мягкой пшеницы, в том числе оценка их пластичности.

5.2 Оценка урожайности и параметров экологической адаптивности селекционных линий озимой мягкой пшеницы по показателю «урожайность зерна»

В годы проведения предварительного и конкурсного сортоиспытаний озимой мягкой пшеницы метеорологические условия исследований носили разнообразный характер. В 2020 г. увлажнение было достаточным на большей части вегетационного периода исследуемой культуры, а в 2018, 2019 и 2021 гг. отмечались засушливые явления различной интенсивности (см. таблицу 11, приложения 1 и 2). В 2020 г. исследований условия перезимовки сложились благоприятно и поэтому дифференциации между селекционными линиями не было, а в 2018, 2019 и 2021 гг. повреждающее действие на растения озимой пшеницы оказало выпревание (приложение 13.3). Всё это позволило дать объективную оценку экологической адаптивности изучаемым селекционным линиям озимой мягкой пшеницы. Индексы условий среды (I_j) составили в 2018, 2019 и 2021 гг. исследований -0,46, -1,19 и -1,52 соответственно, а в 2020 г. – +3,17 (таблица 60).

В 2018 г. существенно ($НСР_{05} = 0,18$ т/га) превысили по урожайности стандарт Фотинья (4,01 т/га) селекционные линии пшеницы номер 7 и 32. В 2019 г. почти все исследуемые линии формировали более высокую урожайность в сравнении со стандартом (2,74 т/га, $НСР_{05} = 0,12$ т/га). Низкой урожайностью, наряду со стандартом, характеризовалась селекционная линия номер 69 – 2,12 т/га. Условия для наиболее полной реализации продукционного потенциала озимой мягкой пшеницы сложились в 2020 г. – урожайность сорта-стандарта Фотинья и средняя урожайность по сортоиспытанию составили соответственно 7,20 и 7,64 т/га. Высокой урожайностью (7,73-9,00 т/га) в исследуемом году характеризовались селекционные линии номер 6, 7, 32, 62, 69, что достоверно больше стандарта ($НСР_{05} = 0,17$ т/га).

Таблица 60 – Урожайность селекционных линий озимой мягкой пшеницы, т/га

Сорт, селекционная линия	Год исследований				Среднее	Лимиты	V, %
	2018	2019	2020	2021			
Фотинья, стандарт	4,01	2,74	7,20	2,86	4,20	2,74-7,2	49,5
6	4,02	3,31	9,00	3,22	4,89	3,22-9,00	56,6
7	4,25	3,47	7,83	3,34	4,72	3,34-7,83	44,7
10	4,05	4,05	7,29	3,08	4,62	3,08-7,29	39,8
13	4,12	3,06	6,72	3,50	4,35	3,06-6,72	37,7
17	4,02	3,39	7,05	2,45	4,23	2,45-7,05	47,1
23	3,33	4,07	7,21	2,58	4,30	2,58-7,21	47,3
25	4,05	3,02	7,52	2,90	4,37	2,90-7,52	49,4
32	4,42	3,87	8,68	3,08	5,01	3,08-8,68	50,0
62	4,02	3,05	7,73	3,22	4,49	3,00-7,73	49,0
69	3,78	2,12	7,81	2,26	3,99	2,12-7,81	66,5
Среднее	4,01	3,28	7,64	2,95	4,47	-	48,9
V, %	6,9	17,9	9,0	13,1	-	-	-
НСР ₀₅ , т/га	0,18	0,12	0,17	0,14	0,67	-	-
I _j	-0,46	-1,19	+3,17	-1,52	-	-	-

Стрессовые факторы внешней среды (засуха в сочетании с высокой температурой) отрицательно сказались на уровне урожайности сортоиспытания озимой мягкой пшеницы в 2021 г. – 2,95 т/га. В таких условиях существенно превысили стандарт по урожайности (2,86 т/га, НСР₀₅ = 0,14 т/га) селекционные линии номер 6, 7, 10, 13, 32 и 62. В среднем за весь период исследований (2018-2021 гг.) высокая урожайность отмечена у селекционных линий номер 6 (4,89 т/га) и номер 32 (5,01 т/га), что достоверно больше урожайности стандарта Фотинья (4,20 т/га, НСР₀₅ = 0,67 т/га).

Межгенотипическая вариабельность урожайности озимой мягкой пшеницы в годы исследований слабой и средней степени – $V = 6,9-17,9\%$ (см. таблицу 58). Однако, установлено, что изменчивость урожайности каждой селекционной линии в отдельности и стандарта Фотинья сильной степени – $V > 20\%$. Это свидетельствует о значительном влиянии фактора среды на формирование урожайности исследуемых генотипов озимой мягкой пшеницы, что подтверждается и результатами дисперсионного анализа (таблица 61).

Таблица 61 – Значимость и вклад разных факторов в формирование урожайности зерна селекционных линий озимой пшеницы

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	Вклад фактора, %
Общее	65796,4	175	-	-	-	-
Повторения	12,9	3	4,3	3,56	2,70	0,02
Год (A)	61461,8	3	20487,3	16873,14	2,70	93,4*
Сорт (B)	1546,7	10	154,7	127,38	1,92	2,4*
Взаимодействие ($A \times B$)	2618,3	30	87,3	71,88	1,6	4,0*
Остаток	156,6	129	1,2	-	-	0,2
НСР ₀₅ (A) = 0,46		НСР ₀₅ (B) = 0,76				

*– достоверно на 5 % уровне значимости

Вклад условий среды (фактор A) в фенотипическую изменчивость результирующего показателя (урожайность зерна) составил 93,4 %. В контрастных условиях среды роль генотипа (фактор B) и взаимодействия генотипа и среды ($A \times B$) оказалась менее весома – их вклад в урожайность составил 2,4 и 4,0 % соответственно. Такие результаты свидетельствует о слабой экологической защищенности исследуемых генотипов в сортоиспытании озимой пшеницы в целом. Вместе с тем роль генотипа (фактор A) и его взаимодействия со средой ($A \times B$) статистически значимы ($F_{\phi} > F_{05}$), что указывает на возможность выделения из сортоиспытания озимой мягкой пшеницы селекционных линий устойчивых к стрессовым факторам внешней среды, характерным для лесостепи Среднего Поволжья.

В силу того, что реакции генотипа на условия внешней среды многомерны для более полной оценки адаптивности селекционных линий озимой мягкой пшеницы по показателю «урожайность зерна» был рассчитан комплекс параметров: коэффициент вариации (V , %), реализация продукционного потенциала (%), гомеостатичность (H_{om}), селекционная ценность генотипа (S_c), стрессоустойчивость ($min-max$), фенотипическая стабильность (SF) и коэффициент адаптивности по методикам авторов, указанных в разделе 4.5.

При общей сильной внутрисортовой вариабельности урожайности в сортоиспытании наименьшее её значение установлено у селекционной линии номер 13 –

$V = 37,7 \%$, что указывает на наилучшую экологическую устойчивость среди других вариантов исследования (см. таблицу 60). Селекционная линия озимой пшеницы номер 69 по анализируемому параметру характеризуется наибольшей вариабельностью урожайности – $V = 66,5 \%$ и, следовательно, низкими адаптивными свойствами.

Максимальная урожайность в исследовании установлена у селекционных линий озимой мягкой пшеницы номер 6 и 32 (2020 г.) – 9,00 и 8,68 т/га соответственно, что указывает на их высокий продукционный потенциал. Однако, реализация потенциала урожайности данных селекционных линий, рассчитанная по Э.Д. Неттевич (2001), среднего уровня – 35,5-35,8 % (таблица 62).

Таблица 62 – Урожайность селекционных линий озимой мягкой пшеницы и параметры их адаптивности, 2018-2021 гг.

Сорт, селекционная линия	Урожайность, т/га	Реализация потенциала урожайности, %	Гомеостатичность, <i>Нот</i>	Селекционная ценность генотипа, <i>Sc</i>	Стрессоустойчивость, <i>min-max</i>	Фенотипическая Стабильность, <i>SF</i>	Коэффициент адаптивности (от-до)	Пластичность, <i>bi</i>	Стабильность, <i>Sd²</i>
Фотинья, стандарт	4,20	38,1	8,5	1,60	-4,46	2,63	0,83-1,00	0,96	5,90
6	4,89	35,8	8,60	1,75	-5,78	2,80	1,00-1,18	1,28	4,67
7	4,72	42,7	10,6	2,01	-4,49	2,34	0,95-1,13	0,98	1,68
10	4,62	42,2	11,6	1,95	-4,21	2,37	0,95-1,23	0,84	6,68
13	4,35	45,5	11,5	1,98	-3,66	2,20	0,88-1,18	0,75	6,71
17	4,23	34,8	9,00	1,47	-4,6	2,88	0,83-1,03	0,91	7,05
23	4,30	35,8	9,10	1,54	-4,63	2,79	0,83-1,24	0,86	14,31
25	4,37	38,6	8,80	1,69	-4,62	2,59	0,92-1,01	0,99	2,95
32	5,01	35,5	10,0	1,78	-5,6	2,82	1,04-1,18	1,16	3,41
62	4,49	38,8	9,20	1,74	-4,73	2,58	0,93-1,09	1,01	4,86
69	3,99	27,1	6,00	1,08	-5,69	3,68	0,65-1,02	1,22	8,20
Среднее	4,47	37,7	9,35	1,69	-4,77	2,70	-	1,00	6,04

Наивысшая реализация урожайного потенциала отмечена у селекционной линии номер 13 с урожайностью среднего уровня (45,5 % и 4,35 т/га), а также у высокоурожайной селекционной линии номер 7 (42,7 % и 4,72 т/га).

У селекционных линий озимой мягкой пшеницы номер 7, 10, 13 и 32 установлены наибольшие значения гомеостатичности ($Hom = 10,0-11,6$), что означает незначительную вариабельность урожайности генотипов в контрастных условиях средах [Хангильдин В.В., 1986]. Наименьшей гомеостатичностью в сортоиспытании характеризовались селекционная линия номер 69 и сорт-стандарт Фотинья ($Hom = 6,0$ и $8,5$ соответственно).

По параметру оценки адаптивных свойств «селекционная ценность генотипа» (Sc) лучшими являются линии озимой мягкой пшеницы номер 7, 10 и 13 ($Sc = 1,95-2,01$). Наименьшее значение рассматриваемого параметра у селекционной линии номер 69 ($Sc = 1,08$). Этот параметр указывает на величину стабильной части урожая [Хангильдин В.В., 1981].

Наибольшая стрессоустойчивость в исследовании установлена у селекционной линии номер 13 ($min-max = -3,66$), что характеризует диапазон её приспособительных возможностей. Самое низкое значение анализируемого параметра адаптивности ($min-max = -5,78$) у селекционной линии озимой пшеницы номер 6.

Относительно высокой экологической буферностью по параметру «фенотипическая стабильность» характеризовались селекционные линии озимой пшеницы номер 7, 10 и 13 ($SF = 2,20-2,37$), низкой – линия номер 69 ($SF = 3,68$).

Стабильно высокие коэффициенты адаптивности на уровне 1,0 и выше (0,95-1,24) во все годы сортоиспытаний озимой пшеницы имели 4 селекционные линии: озимой мягкой номер 6, 7, 10 и 32 (таблица 63). Это свидетельствует об их хорошей приспособленности к местным почвенно-климатическим условиям. У всех остальных исследуемых генотипов в отдельные годы коэффициенты адаптивности были меньше 1,0.

По 6-и рассматриваемым выше параметрам (реализация потенциала урожайности, коэффициент вариации, гомеостатичность, селекционная ценность генотипа, стрессоустойчивость и фенотипическая стабильность) выделилась селекцион-

ная линия номер 13 (таблица 64), что даёт основание считать её в наибольшей степени экологически адаптивной в зоне проведения исследований.

Таблица 63 – Коэффициенты адаптивности селекционных линий озимой мягкой пшеницы

Селекционная линия	Годы исследований				От-до
	2018	2019	2020	2021	
Фотинья, стандарт	1,00	0,83	0,94	0,97	0,83-1,00
6	1,00	1,01	1,18	1,09	1,00-1,18
7	1,06	1,06	0,95	1,13	0,95-1,13
10	1,01	1,23	0,95	1,04	0,95-1,23
13	1,03	0,93	0,88	1,18	0,88-1,18
17	1,00	1,03	0,92	0,83	0,83-1,03
23	0,83	1,24	0,94	0,87	0,83-1,24
25	1,01	0,92	0,98	0,98	0,92-1,01
32	1,10	1,18	1,14	1,04	1,04-1,18
62	1,00	0,93	1,01	1,09	0,93-1,09
69	0,94	0,65	1,02	0,77	0,65-1,02

Таблица 64 – Выделившиеся по показателям адаптивности (+) селекционные линии озимой мягкой пшеницы и их ранжирование по урожайности, 2018-2021 гг.

Сорт, селекционная линия	Урожайность т/га	Реализация потенциала урожайности	Коэффициент вариации	Гомеостатичность,	Селекционная ценность генотипа	Стрессоустойчивость	Фенотипическая стабильность	Коэффициент адаптивности
32	5,01	-	-	+	-	-	-	+
6	4,89	-	-	-	-	-	-	+
7	4,72	+	-	+	+	-	+	+
10	4,62	-	-	+	+	-	+	+
62	4,49	-	-	-	-	-	-	-
25	4,37	-	-	-	-	-	-	-
13	4,35	+	+	+	+	+	+	-
23	4,30	-	-	-	-	-	-	-
17	4,23	-	-	-	-	-	-	-
Фотинья, стандарт	4,20	-	-	-	-	-	-	-
69	3,99	-	-	-	-	-	-	-

Однако, в ранжированном по урожайности перечне селекционных линий озимой мягкой пшеницы данный генотип занимает лишь 7-ю из 11-и позиций. Его урожайность в среднем за весь период исследований (2018-2021 гг.) составила 4,35 т/га. Аналогичные результаты были получены и при оценке адаптивных свойств сортимента озимой пшеницы Средневолжского региона – сорт Безенчукская 380 (см. раздел 4.5) оказался самым адаптивным, но малоурожайным (2,93 т/га). По ряду параметров, характеризующих адаптивные свойства исследуемых генотипов (гомеостатичность, селекционная ценность генотипа, стрессоустойчивость и фенотипическая стабильность) хорошие результаты показали селекционные линии озимой мягкой пшеницы номер 7 и 10 (см. таблицу 64), занимающие в ранжированном по урожайности списке пшениц 3 и 4-ю позиции (4,72 и 4,62 т/га соответственно). Можно считать, что в определенной степени ими достигнут компромисс между урожайностью и экологической адаптивностью при возделывании их в лесостепи Среднего Поволжья.

Оценка пластичности и стабильности селекционных линий озимой мягкой пшеницы проведена по S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966). Согласно методике данных авторов, селекционные линии озимой пшеницы были дифференцированы на интенсивные, полуинтенсивные и экстенсивные пшеницы.

К числу интенсивных пшениц, с высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания, отнесены селекционные линии номер 6, 32 и 69 – $bi = 1,16-1,28$ (таблица 65). Высокой фенотипической стабильностью ($1,1 < bi < 1,2$) характеризуется селекционная линия номер 32, пониженной фенотипической стабильностью ($1,2 < bi < 1,3$) – номера 6 и 69. Установлена высокая стабильность реакций селекционных линий номер 6 и 32 в разнообразных условиях среды ($Sd^2 < 5,0$).

Сорт-стандарт Фотинья, а также селекционные линии номер 7, 17, 25 и 62 вошли в группу полуинтенсивных пшениц с высокой фенотипической стабильностью ($0,9 < bi < 1,1$). При ухудшении или улучшении условий выращивания снижение или увеличение их урожайности происходит в меньшей степени, чем у интенсивных генотипов.

Таблица 65 – Пластичность и стабильность селекционных линий озимой мягкой пшеницы, 2018-2021 гг.

Тип пшениц	Тип стабильности	Сорт	Пластичность, bi	Стабильность, Sd^2
Интенсивный	пониженная фенотипическая стабильность	6	1,28	4,67
		69	1,22	8,20
	высокая фенотипическая стабильность	32	1,16	3,41
Полуинтенсивный	высокая фенотипическая стабильность	62	1,01	4,86
		25	0,99	2,95
		7	0,98	1,68
		Фотинья, стандарт	0,96	5,90
		17	0,91	7,05
Экстенсивный	высокая фенотипическая стабильность	23	0,86	14,31
		10	0,84	6,68
	пониженная фенотипическая стабильность	13	0,75	6,71

Стабильность реакций рассматриваемых полуинтенсивных пшениц в разных средах высокая (селекционные линии номер 7, 25 и 62; $Sd^2 < 5,0$) и средняя (сорт Фотинья и селекционная линия номер 17; $5,0 < Sd^2 < 7,5$).

Селекционные линии озимой мягкой пшеницы 10 и 23 являются экстенсивными пшеницами с высокой фенотипической стабильностью ($0,8 < bi < 0,9$). Они характеризуются слабой отзывчивостью на условия выращивания. При этом селекционная линия номер 10 наиболее надёжно соответствует установленному типу пластичности (стабильность реакций средней степени – $5,0 < Sd^2 < 7,5$). У селекционной линии номер 23 стабильность реакций низкая ($7,5 < Sd^2 < 10,0$).

У также экстенсивной линии номер 13 установлена пониженная фенотипическая стабильность ($0,7 < bi < 0,8$). Стабильность реакций этого генотипа в разнообразных условиях среды средней степени ($5,0 < Sd^2 < 7,5$).

Реакцию селекционных линий озимой мягкой пшеницы, относящихся к различным группам, выделенным в таблице 65, на изменение условий можно проследить также с помощью метода графического анализа линий регрессии урожай-

ности (bi) на индексы условий среды (I_j) (рисунок 52).

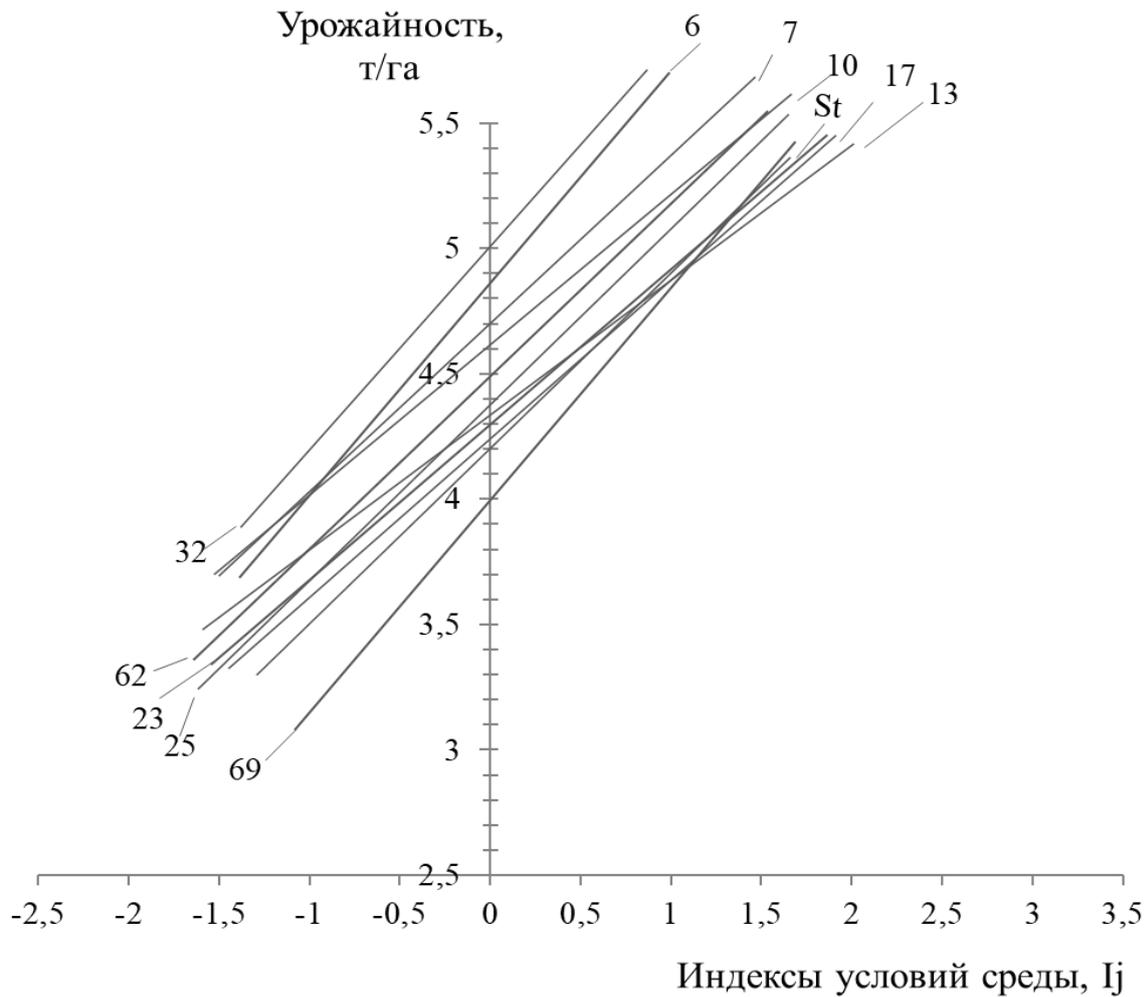


Рисунок 52 – Линии регрессии по показателю «урожайность зерна» селекционных линий озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий среды, 2018-2021 гг.

Так, линии регрессии высокопластичных пшениц 6, 32 и 69 отличаются по углу наклона от среднепластичных линий 7, 17, 25 и 62, а также низкопластичных генотипов 10, 13 и 23.

Таким образом, установлено, что высокие адаптивные свойства селекционных линий озимой мягкой пшеницы не всегда сочетаются с высоким уровнем их урожайности. В интенсивных условиях возделывания наиболее ценными следует считать селекционные линии номер 6 и 32. Они являются самыми урожайными среди всех других пшениц за весь период проведения исследований (см. таблицу 64). В полуинтенсивных условиях положительный результат можно ожидать от выращивания селекционных линий номер 7, 25 и 62. Селекционные линии озимой

мягкой пшеницы номер 10, 13 и 17 наибольшую ценность представляют при возделывании их в экстенсивных условиях. Среди полуинтенсивных и экстенсивных пшениц селекционные линии номер 7 и 10 выделились как генотипы с повышенным уровнем урожайности, а также адаптивные по комплексу параметров (см. таблицы 64 и 65). Вышеперечисленные селекционные линии характеризуются пониженной и высокой фенотипической стабильностью урожайности и незначительными вариансами стабильности ($Sd^2 < 7,5$).

5.3 Характеристика новых сортов и перспективных селекционных линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Сорт *Студенческая нива*. Патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ (приложение 13). Включен в Госреестр с 2022 г. по Средневолжскому региону Российской Федерации. Выведен методом индивидуального отбора (и.о.) из гибридной популяции F_2 , полученной от скрещивания – Санта / Марафон. Селекционный номер 62 (рисунок 53).

Разновидность лютеценс. Колос цилиндрический, короткий, средней плотности, зерно красное (приложение 14). Зимостойкость повышенная, засухоустойчивость высокая. Раннеспелый. Высота растений 95-113 см (среднее 100 см). Средняя урожайность за 2016-2018 гг. составила 5,32 т/га, что выше стандарта Волжская К на 0,65 т/га, за 2018-2021 гг. – 4,49 т/га, что на 0,29 т/га превышает стандарт Фотинья. Максимальная урожайность сформирована в 2020 г. – 7,73 т/га. Зерно крупное – масса 1000 зерен 38,3-47,2 г, среднее 42,7 г (приложения 15.1-15.6). На естественном инфекционном фоне поражение распространенными в зоне грибными листовыми болезнями слабое.

Хлебопекарные качества высокие – отнесён ВЦОКС к ценным пшеницам. За весь период исследований сорт характеризовался высокими коэффициентами адаптивности (0,93-1,09). Рекомендуемый уровень агрофона – средний (см. таблицы 63 и 65).



Рисунок 53 – Сорт озимой мягкой пшеницы Студенческая нива, 2018 г.

Сорт *Волжский рубин*. Патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ (приложение 16). Включён в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений в 2022 г. Испытания на хозяйственную полезность по сорту начнутся с 2023 г. (номер заявки – 86717 /8154778, дата регистрации – 30.08.22). Выведен методом и.о. из гибридной популяции F_2 , полученной от скрещивания – Московская 39 / Марафон. Селекционный номер 69 (рисунок 54).

Разновидность лютеценс. Колос пирамидальный, короткий, средней плотности, зерно красное (приложение 17). Характерным маркерным признаком данного сорта, имеющим апробационное значение, является интенсивная антоциановая пигментация стебля в начале спелости зерна. Зимостойкость повышенная, засухоустойчивость средняя. Раннеспелый. Высота растений 90-117 см (среднее 101 см). Средняя урожайность за 2016-2018 гг. составила 5,38 т/га, что выше стандарта Волжская К на 0,71 т/га, за 2018-2021 гг. – 3,99 т/га. Максимальная урожайность сформирована в 2020 г. – 7,81 т/га. Зерно средней крупности-крупное – масса 1000 зерен 32,2-47,2 г, среднее 40,7 г (приложения 15.1-15.6).



Рисунок 54 – Сорт озимой мягкой пшеницы Волжский рубин, 2018 г.

Сорт высокопластичный (см. таблицу 65). Среднеустойчив к распространенным в зоне грибным листовым болезням. Содержание клейковины и её качество на уровне ценных пшениц (приложение 13.7).

Сорт *Октябрьская* (Патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Включен в Госреестр с 2023 г. по Средневолжскому региону Российской Федерации. Выведен методом и.о. из гибридной популяции F_2 , полученной от скрещивания – Волжская К / Поэма. Селекционный номер 10 (рисунок 56).



Рисунок 56 – Сорт озимой мягкой пшеницы Октябрьская, 2018 г.

Разновидность лютесценс. Колос слабобулавовидный, короткий, плотный, зерно красное. Зимостойкость повышенная, засухоустойчивость высокая. Средне-ранний. Высота растений 79-107 см (среднее 94 см). Средняя урожайность за годы

сортоиспытаний 4,62 т/га, максимальная – 7,29 т/га (2020 г.). Зерно средней крупности-крупное – масса 1000 зерен 34,2-47,2 г, среднее 41,3 г (приложения 15.1-15.6). Среднеустойчив к распространенным в зоне грибным листовым болезням. За весь период исследований характеризовался высокими коэффициентами адаптивности (0,95-1,23). По оценке пластичности отнесён к пшеницам экстенсивного типа (см. таблицу 65). Содержание клейковины и её качество на уровне ценных пшениц (приложение 15.7).

Сорт *Аккорд* (номер заявки на допуск селекционного достижения к использованию 84118 /7852708, дата регистрации 11.08.21) выведен методом и.о. из гибридной популяции F_4 , полученной от скрещивания – Светоч / Марафон. Селекционный номер 32 (рисунок 55).



Рисунок 55 – Сорт озимой мягкой пшеницы Аккорд, 2018 г.

Разновидность лютесценс. Колос цилиндрический, средней длины и плотности, зерно красное. Зимостойкость повышенная, засухоустойчивость высокая. Среднеранний. Высота растений 89-118 см (среднее 103 см). Средняя урожайность за годы сортоиспытаний 5,01 т/га. Сорт характеризуется высоким урожайным потенциалом – максимальная урожайность составила 8,72 т/га (2020 г.). Зерно крупное – масса 1000 зерен 39,8-47,1 г, среднее 43,5 г (приложения 15.1-15.6). На естественном инфекционном фоне поражение распространенными в зоне

грибными листовыми болезнями слабое. Высокопластичный. За весь период исследований характеризовался высокими коэффициентами адаптивности – 1,04-1,18 (см. таблицу 63). Содержание клейковины и её качество на уровне ценных пшениц (приложение 15.7).

Селекционная линия *номер 6* создана методом и.о. из гибридной популяции F_2 , полученной от скрещивания – Волжская К / Поэма.

Разновидность эритроспермум. Колос цилиндрический, средней длины и плотности. Зерно красное. Характерной морфологической особенностью данной селекционной линии является наличие широкой листовой пластинки. Относится к группе среднеспелых пшениц. Высота растений 84-101 см (среднее 91 см). Средняя урожайность за годы сортоиспытаний 4,89 т/га. Характеризуется высоким урожайным потенциалом – в 2020 г. её урожайность составила 9,00 т/га. Зерно крупное – масса 1000 зерен 38,8-53,4 г, среднее 44,6 г (приложения 15.1-15.6). За весь период исследований характеризовалась высокими коэффициентами адаптивности (1,00-1,18). Пластичность генотипа высокая (см. таблицу 65). Содержание клейковины и её качество на уровне ценных пшениц (приложение 15.7). По комплексу показателей данная селекционная линия является перспективной.

Селекционная линия *номер 7* создана методом и.о. из гибридной популяции F_2 , полученной от скрещивания – Волжская К / Поэма.

Разновидность лютесценс. Колос цилиндрический, средней длины и плотности. Зерно красное. Относится к группе среднеспелых пшениц. Высота растений 74-97 см (среднее 85 см). Средняя урожайность за годы сортоиспытаний 4,72 т/га, максимальная 7,83 т/га (2020 г.). Зерно крупное – масса 1000 зерен 38,8-53,4 г, среднее 44,6 г (приложения 15.1-15.6). За весь период исследований характеризовалась высокими коэффициентами адаптивности (0,95-1,13). Данная селекционная линия выделилась и по комплексу других параметров адаптивности. Интенсивность генотипа средняя (см. таблицу 65). Содержание клейковины и её качество на уровне ценных пшениц (приложение 15.7). В целом, селекционную линию озимой пшеницы *номер 7* можно характеризовать как перспективную.

Селекционная линия *номер 13* создана методом и.о. из гибридной популя-

ции F_2 , полученной от скрещивания – Волжская К / Поэма (рисунок 57).

Разновидность лютеценс. Колос цилиндрический, средней длины, плотный. Зерно красное, очень крупное – масса 1000 зерен 42,4-54,1 г (среднее 47,4 г).



Рисунок 57 – Селекционная линия озимой мягкой пшеницы номер 13

Относится к группе среднеранних пшениц. Высота растений 87-120 см (средняя 100 см). Средняя урожайность 4,35 т/га, максимальная 6,72 т/га, 2020 г. (приложения 15.1-15.6). Данная селекционная линия выделилась как адаптивная к местным почвенно-климатическим условиям по 6-и параметрам экологической адаптивности. В 2021 г. была установлена наименьшая урожайность озимой мягкой пшеницы среди других лет сортоиспытаний – 2,95 т/га (см. таблицу 60). В таких жёстких условиях среды ($I_j = -1,52$) селекционная линия номер 13 лидировала по урожайности – 3,50 т/га, что является доказательством её приспособленности к стрессовым факторам среды в зоне проведения исследований. По оценке пластичности отнесена к пшеницам экстенсивного типа (см. таблицу 65). Содержание клейковины и её качество на уровне ценных пшениц (приложение 15.7). Селекционную линию озимой пшеницы номер 13 следует считать перспективной.

Селекционная линия *номер 17* создана методом и.о. из гибридной популяции F_2 , полученной от скрещивания – Волжская К / Виктория 95 (рисунок 58).



Рисунок 58 – Селекционная линия озимой мягкой пшеницы номер 17

Разновидность субэритроспермум. Колос веретеновидный, длинный (средняя длина 11,2 см, максимальная 17 см), рыхлый-средней плотности, зерно красное. Зимостойкость повышенная, засухоустойчивость средняя. Относится к группе среднепоздних пшениц. Высота растений 105-133 см (средняя 117 см). Стебель имеет антоциановую пигментацию в период созревания. Средняя урожайность за годы сортоиспытаний 4,23 т/га, максимальная – 7,05 т/га (2020 г.). Зерно средней крупности-крупное – масса 1000 зерен 29,9-45,1 г, среднее 38,2 г (приложения 15.1-15.6). Устойчивость к распространенным в зоне грибным листовым болезням средняя. Рекомендуемый уровень агрофона – средний (см. таблицу 65). Содержание клейковины и её качество на уровне пшениц-филлеров (приложение 15.7). Линия озимой пшеницы номер 17 по признаку «длина колоса» представляет ценность как исходный материал в селекции на высокую урожайность.

Селекционная линия *номер 23* выведена методом и.о. из гибридной популяции F_2 , полученной от скрещивания – Волжская К / Кулундинка (рисунок 59).



Рисунок 59 – Селекционная линия озимой мягкой пшеницы номер 23

Разновидность эритроспермум. Колос пирамидальный, средней длины и плотности, имеет сильно расходящиеся ости, зерно красное. Высота растений 87-111 см (среднее 99 см). Зимостойкость и засухоустойчивость повышенные. Группа спелости – среднепоздняя. Средняя урожайность за годы сортоиспытаний 4,30 т/га, максимальная – 7,21 т/га (2020 г.). Зерно средней крупности-крупное – масса 1000 зерен 33,3-44,3 г, среднее 38,0 г (приложения 15.1-15.6). По оценке пластичности отнесена к пшеницам экстенсивного типа (см. таблицу 65). Предположительно, данный селекционный номер относится к пшеницам мягкозерного типа, как и отцовский сорт Кулундинка [Государственный реестр., 2012]. Такие пшеницы в мировой практике имеют особое назначение. Их используют для производства высококачественных бисквитов с нежной консистенцией, крекеры, печенья, азиатских видов лапши [Захарова Н.Н., 2007]. Кроме этого, известно, что при кормлении кур зерном мягкозерных пшениц увеличивается их яйценоскость [Тупицын, Н.В., 2005].

Селекционная линия *номер 25* выведена методом и.о. из гибридной популяции F_4 , полученной от скрещивания – Волжская К / Марафон.

Разновидность эритроспермум. Колос цилиндрический, короткий, средней длины и плотности, зерно красное. Зимостойкость повышенная, засухоустойчивость высокая. Относится к группе среднеранних пшениц. Высота растений 75-108 см (среднее 93 см). Средняя урожайность за годы сортоиспытаний 4,37 т/га, максимальная – 7,52 т/га (2020 г.). Зерно средней крупности-крупное – масса 1000 зерен 34,8-45,9 г, среднее 38,9 г (приложения 15.1-15.6). Интенсивность генотипа средняя (см. таблицу 65). Содержание клейковины и её качество на уровне ценных пшениц (приложение 15.7).

Таким образом, стратегия проводимой селекции озимой мягкой пшеницы базируется на мобилизации адаптивного потенциала растений. Выведенные к настоящему времени сорта и селекционные линии озимой мягкой пшеницы в комплексе представляют собой эколого-биологическую систему генотипов (таблица 66), которую составляют пшеницы разной высоты растений – 85-117 см,

Таблица 66 – Комплексная хозяйственно-биологическая характеристика сортов и селекционных линий озимой мягкой пшеницы, 2018-2021 гг.

Сорт, селекционная линия	Урожайность, т/га	Зимостойкость, балл	Высота растений, см	Группа спелости	Интенсивность
17	4,23	3,8	117	среднепоздний	полуинтенсивный
Волжский рубин	3,99	4,6	104	раннеспелый	интенсивный
Аккорд	5,01	4,7	103	среднеранний	интенсивный
Студенческая нива	4,49	4,6	100	раннеспелый	полуинтенсивный
13	4,35	4,5	100	среднеранний	экстенсивный
23	4,30	4,6	99	среднепоздний	экстенсивный
Октябрьская	4,62	4,7	94	среднеранний	экстенсивный
25	4,37	4,3	93	среднеранний	полуинтенсивный
6	4,89	4,3	91	среднеспелый	интенсивный
7	4,72	4,5	85	среднеспелый	полуинтенсивный

разных групп спелости (раннеспелая, среднеранняя, среднеспелая, среднепоздняя), разных типов интенсивности (интенсивный, полуинтенсивный, экстенсивный). Сорт озимой мягкой пшеницы Студенческая нива включен в Госре-

есть селекционных достижений по Средневолжскому региону Российской Федерации с 2022 г. Сорты Октябрьская и Аккорд переданы в систему государственного сортоиспытания. Селекционные линии озимой мягкой пшеницы номер 6, 7, 13 и 25 по комплексу исследованных показателей, в том числе по параметрам адаптивности, являются перспективными. Селекционная линия номер 17 по признаку «длина колоса» является ценным исходным материалом в селекции пшеницы на урожайность. Интерес для дальнейшей селекционной работы и для производства представляет линии озимой пшеницы номер 23, которая предположительно по качеству зерна принадлежит к мягкозерному типу.

Конкурсный проект «Сорта озимой мягкой пшеницы селекции Ульяновского ГАУ» отмечен серебряной медалью 24-й Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень-2022» (приложение 19).

5.4 Экономическая и энергетическая оценка новых сортов озимой мягкой пшеницы

Любой сельхозпроизводитель проводит оценку экономической эффективности технологии выращивания той или иной культуры, или в отдельности возделываемого сорта, так как при этом поставлена задача – получение на вложенные затраты максимально возможной прибыли. При экономическом анализе технологии возделывания различных сортов озимой мягкой пшеницы прямые затраты устанавливались по ценам, принятым для производственных условий. Амортизация и затраты на текущий ремонт тракторов и сельскохозяйственных машин рассчитывались по принятым нормативам. Стоимость основной продукции определялась в соответствии с ценой реализации, которая сложилась в 2021 г. Для расчета эффективности возделывания новых сортов озимой мягкой пшеницы были разработаны технологические карты. Анализ экономической эффективности проведен исходя из урожайных данных конкурсного сортоиспытания за 2018-2021 гг. (таблица 67).

Таблица 67 – Экономическая эффективность возделывания новых сортов озимой мягкой пшеницы, 2018-2021 гг.

Показатель	Студенческая нива	Волжский рубин	Октябрьская	Аккорд
Урожайность, т/га	4,49	3,99	4,62	5,01
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	67,350	59,850	69,300	75,150
Производственные затраты, тыс. руб./га	37,322	37,128	37,372	37,522
Производственная себестоимость, тыс. руб./т	8,312	9,305	8,089	7,489
Чистый доход, тыс. руб./га	30,028	22,722	31,928	37,628
Уровень рентабельности, %	81,3	61,2	85,4	100,2

Примечание. Реализационная цена зерна озимой пшеницы 15 тыс. руб. / т

Установлено, что сорт озимой мягкой пшеницы Волжский рубин требует меньше производственных затрат на возделывание по сравнению другими сортами (37,128 тыс. руб./га), что обусловлено его более низкой урожайностью.

Наименьшей производственной себестоимостью характеризуются сорта Аккорд и Октябрьская – 7,489 и 8,089 тыс. руб./т, соответственно. Высокие адаптивные свойства этих сортов (коэффициенты адаптивности 0,95-1,23, см. таблицу 63) обеспечили высокую стабильность их урожайности и непосредственно отразились на экономических результатах. После вычета производственных затрат чистый доход при возделывании этих сортов оказался максимальным и составил 37,628 и 31,928 тыс. рублей на 1 га соответственно.

Анализ показал, что экономически эффективным является возделывание всех созданных сортов озимой мягкой пшеницы – их рентабельность составляет 61,2-100,2 %. Следовательно, даже при условии постоянного роста цен на ГСМ, удобрения и другие средства производства, выведенные высокопродуктивные адаптивные сорта озимой мягкой пшеницы, обеспечивают рынок относительно дешевым зерном с высокими технологическими достоинствами.

Постоянная вариабельность стоимостной оценки затрат и получаемой про-

дукции побудила к расчетам биоэнергетической эффективности, которая основана на вычислении разницы между энергетическими затратами на выращивание созданных сортов и количеством энергии, накопленной в урожае (таблица 68).

Таблица 68 – Расчет энергетической эффективности возделывания сортов озимой мягкой пшеницы, 2018-2021 гг.

Показатель	Урожайность, т/га	Получено энергии с урожаем, МДж/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Чистый энергетический доход, МДж/га	Кэфф. энергетической эффективности	Энергетический коэфф. полезного действия	Энергетическая себестоимость, МДж/т
Студенческая нива	4,49	84592	36257	48335	1,33	2,33	8075
Волжский рубин	3,99	75172	35979	39193	1,09	2,08	9017
Октябрьская	4,62	87041	36330	50711	1,40	2,40	7863
Аккорд	5,01	94388	36549	57839	1,58	2,58	7295

Затраты совокупной энергии варьировали по сортам от 35979 МДж/га (Волжский рубин) до 36549 МДж/га (Аккорд). Сорт Аккорд имел наибольший чистый энергетический доход – 57839 МДж/га. Максимальный коэффициент энергетической эффективности установлен также у сорта Аккорд (1,58). Биоэнергетический коэффициент при достигнутой за годы исследований урожайности, составил 2,08-2,58 единицы. Энергетическая себестоимость возделывания созданных сортов озимой мягкой пшеницы колебалась от 7295 МДж/т у сорта Аккорд до 9017 МДж/т у сорта Волжский рубин.

Проведенные расчёты позволили сделать вывод о том, что снижение затрат может быть достигнуто путем повышения урожайности сортов возделываемой культуры и её стабильности, обновление сельхозмашин энергоэкономными орудиями и тракторами.

6 О МИКРОЗОНАЛЬНОМ РАЙОНИРОВАНИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Вопросы обеспечения высокоурожайными культурами и сортами сельскохозяйственных культур в Российской Федерации решаются совместной работой селекционных учреждений и государственного сортоиспытания. Важное значение при этом имеет допуск сортов к использованию по регионам государственного сортоиспытания.

Ульяновская область по территориальному делению государственного сортоиспытания входит в Средневолжский регион, включающий также Самарскую, Пензенскую области, республики Татарстан и Мордовия. Н.В. Тупицын (1999) сообщает, что территория региона характеризуется сложным рельефом, большим разнообразием типов почв. Согласно Ю.П. Переведенцева (2008; 2012), В.Г. Захарова (2012), Р.Б. Шариповой (2012), даже в отдельности Ульяновская область, характеризуется разнообразием почвенных, и климатических условий. Условно выделенные четыре макрзоны области: западная, центральная, заволжская и южная различаются по совокупности почвенно-климатических особенностей (см. таблицу 10). Это зональное деление было положено в основу размещения государственных сортоиспытательных (ГСУ) на территории Ульяновской области. Разные её зоны охватывают: Чердаклинский ГСУ (Заволжская зона), Ульяновский ГСУ (Центральная зона), Сурский ГСУ (Западная зона) и Новоспасский ГСУ (Южная зона).

В 2016-2019 гг. на всех сортоучастках области проходили изучение 10 сортов озимой мягкой пшеницы: Боярыня, Базальт, Новоершовская, Харьковская 92, Фотинья, Скипетр, Марафон, Саратовская 17, Универсиада, Волжская К, выведенные в различных научных учреждениях страны, включенные в 1993-2018 гг. в Госреестр по Средневолжскому региону Российской Федерации.

Отдельные исследователи [Гончаров П.Л., 2013; Сапега В.А., 2013] указывают на варьирование урожайности и других хозяйственно-ценных показателей в зависимости от года, места проведения полевого опыта, агротехнических прие-

мов. Для определения значимости и величины вклада различных факторов в формирование урожайности озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области (приложение 20), оценки взаимодействия генотипа и среды были проведены два двухфакторных (приложения 21 и 22) и один трехфакторный дисперсионные анализы (приложение 23).

В первом двухфакторном дисперсионном анализе изучалось влияние на урожайность озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области факторов «год», «сорт» и их взаимодействие («год x сорт»), во втором – факторов «пункт», «сорт» и их взаимодействие («пункт x сорт»). В трехфакторном дисперсионном анализе изучалось влияние на урожайность исследуемой культуры факторов «год», «пункт», «сорт» и различных типов их взаимодействия. Во всех проведённых дисперсионных анализах на 5 % уровне значимости доказана существенность влияния всех факторов и их взаимодействия на урожайность озимой мягкой пшеницы в регионе.

По результатам первого дисперсионного анализа установлено, что наибольший вклад в урожайность исследуемой культуры на всех сортоучастках вносит фактор «год» – 92,8-94,4 %. Вклад фактора «сорт» оказался незначительным – 1,1-3,2 %, что в целом указывает на слабую экологическую защищенность исследуемого сорта пшениц (рисунок 60). В этой связи, для производственного использования во всех зонах области следует подбирать сорта озимой мягкой пшеницы с более высокой устойчивостью к стрессовым факторам внешней среды. Наибольший вклад фактор «сорт» в урожайность озимой мягкой пшеницы (3,2 %) вносит в южной зоне Ульяновской области (Новоспасский ГСУ), где в целом складываются наиболее благоприятные условия для реализации урожайного потенциала культуры ($I_j = 0,50$), в сравнении с другими зонами региона (рисунок 61, таблица 69).

Так, в 2017 и 2018 гг. здесь была получена наибольшая урожайность (6,51 и 4,89 т/га соответственно), в 2016 и 2019 гг. – урожайность среднего уровня (3,47 и 2,86 т/га соответственно).

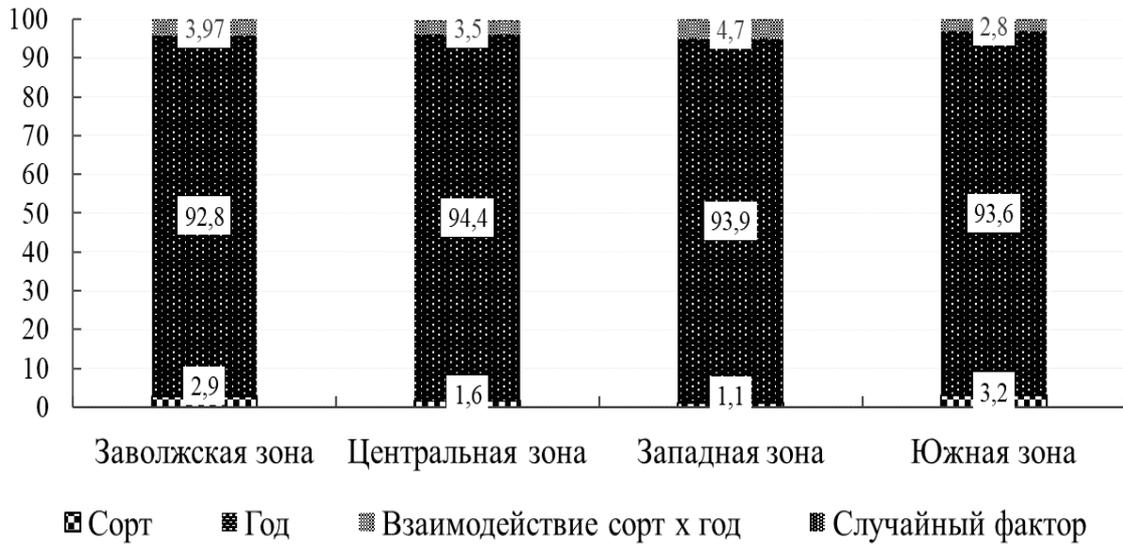


Рисунок 60 – Вклад факторов («сорт», «год» и их взаимодействие) в формирование урожайности зерна озимой пшеницы в Ульяновской области, 2016-2019 гг.

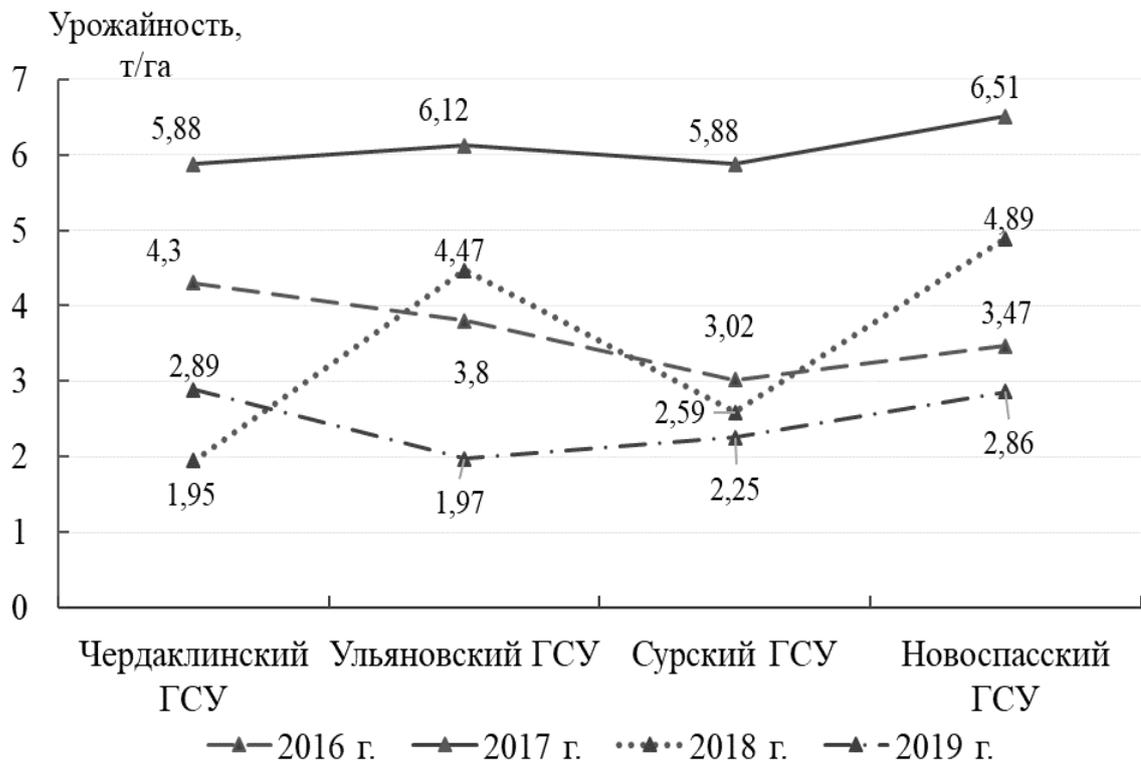


Рисунок 61 – Урожайность озимой мягкой пшеницы на сортоучастках Ульяновской области, 2016-2019 гг.

Таблица 69 – Урожайность озимой мягкой пшеницы и индексы условий среды на сортоучастках Ульяновской области

Сортоучасток	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Урожайность, т/га					
Чердаклинский ГСУ	4,30	5,88	1,95	2,89	3,76
Ульяновский ГСУ	3,80	6,12	4,47	1,97	4,09
Сурский ГСУ	3,02	5,88	2,59	2,25	3,44
Новоспасский ГСУ	3,47	6,51	4,89	2,86	4,43
Среднее	3,65	6,10	3,48	2,49	3,93
Индексы условий среды, I_j					
Чердаклинский	0,37	+1,95	-1,98	-1,04	-0,17
Ульяновский	-0,13	+2,19	+0,54	-1,96	+0,16
Сурский	-0,91	+1,95	-1,34	-1,68	-0,49
Новоспасский	-0,46	+2,58	+0,96	-1,07	+0,50
Среднее	-0,28	2,17	-0,46	-1,44	-

Наименьшая величина вклада фактора «сорт» в урожайность (1,1 %) отмечена на Сурском ГСУ. В среднем за 2016-2019 гг. здесь была сформирована самая низкая урожайность – 3,44 т/га, в сравнении с урожайностью на других сортоучастках области. В зоне расположения Сурского ГСУ отмечается самое низкое значение индекса условий среды ($I_j = -0,49$).

Взаимодействие факторов «год x сорт» (взаимодействие генотипа и среды) наименьший вклад в урожайность озимой мягкой пшеницы (2,8 %) вносит на Новоспасском ГСУ в относительно благоприятных условиях внешней среды, наибольший (4,7 %) – на Сурском ГСУ в более суровых условиях для роста и развития растений исследуемой культуры. Такие результаты свидетельствуют о важности сортового разнообразия при возделывании озимой пшеницы во всех зонах Ульяновской области, и особенно в Западной её зоне.

Результаты второго дисперсионного анализа показали, что вклад изучаемых факторов и их взаимодействия в формирование урожайности озимой мягкой пшеницы на сортоучастках Ульяновской области сильно варьирует в зависимости от года проведения исследований (рисунок 62).

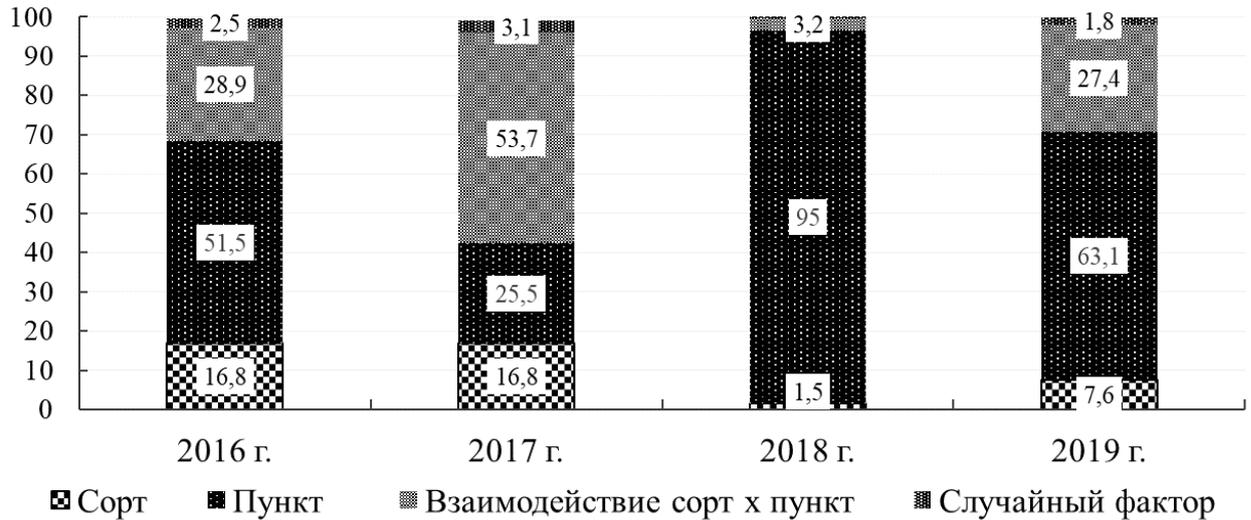


Рисунок 62 – Вклад факторов («сорт», «пункт» и их взаимодействие) в формирование урожайности зерна озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области

Так, доля фактора «пункт» изменяется от 25,5 % в 2017 г., когда во всех зонах области была получена высокая урожайность озимой мягкой пшеницы до 95,0 % в 2018 г., когда урожайность исследуемой культуры на Сурском (2,59 т/га) и Чердаклинском ГСУ (1,95 т/га) ($I_j = -1,34$ и $I_j = -1,98$ соответственно) в сильной степени отличалась (была ниже) от урожайности на Новоспасском (4,89 т/га) и Ульяновском ГСУ (4,47 т/га) ($I_j = 0,96$ и $I_j = 0,54$ соответственно) в силу поразному сложившихся погодных условий (см. таблицу 69). Вклад фактора «сорт» в урожайности озимой мягкой пшеницы изменяется в меньших пределах – от 1,5 % в 2018 г. до 16,8 % в 2016 и 2017 гг. Взаимодействие факторов «сорт x пункт» (взаимодействие генотипа и среды) наибольший вклад в урожайность (53,7 %) внесло в 2017 г., а наименьший (3,2 %) – в 2018 г. В большинстве лет исследований (2016, 2017 и 2019 гг.) вклад фактора «сорт» в урожайность исследуемой культуры по результатам второго дисперсионного анализа выше, в сравнении с его вкладом по первому дисперсионному анализу (см. рисунок 61).

По данным трехфакторного дисперсионного анализа установлено, что доминирующее влияние на формирование урожайности озимой мягкой пшеницы в условиях Ульяновской области оказывает фактор «год» – 73,6 %. Вклад фактора

«пункт» составляет 5,7 %. Довольно весомая роль в урожайности исследуемой культуры принадлежит и взаимодействию факторов «год x пункт», доля которого равна 14,7 % (рисунок 63).

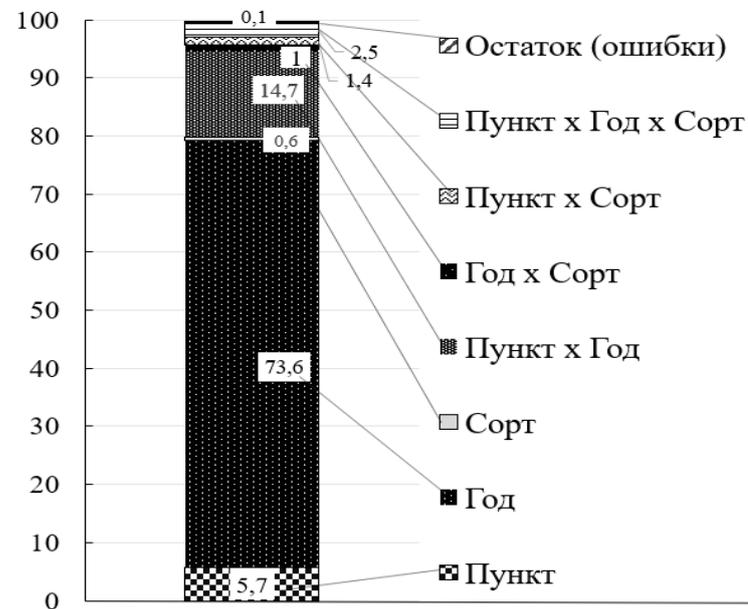


Рисунок 63 – Вклад факторов (сорт, год, пункт и их взаимодействий) в формирование урожайности зерна озимой пшеницы в Ульяновской области, 2016-2019 гг.

Роль фактора «сорт» в долевом соотношении хотя и составляет всего 0,6 %, но статистически значима ($F_{факт} > F_{05}$, приложение 23). Это указывает на низкую адаптивность исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы и, как следствие, сильную вариабельность их урожайности в зависимости от года и места проведения исследований. Вклад в урожайность исследуемой культуры взаимодействия факторов «год x сорт» также незначителен (1 %) и достоверен. Для формирования урожайности озимой мягкой пшеницы в регионе значимыми являются также взаимодействия факторов: «пункт x сорт» (1,4 %) и «пункт x год x сорт» (2,5 %, что указывает на важность использования принципа «агроэкологической адресности» при размещении сортов на территории Ульяновской области.

Известно, что эффект взаимодействия генотипа и среды является причиной того, что в разные годы и (или) в разных пунктах сорта могут отличаться рангами по величине уровня урожайности [Кильчевский А.В., 1989; Сапега В.А., 2013].

Среди изученного сортимента озимых пшениц наибольшей урожайностью в сортоиспытании Ульяновской области в среднем за 2016-2019 гг. характеризовался сорт Боярыня – 4,17 т/га (таблица 70). При этом ранги этого сорта в зависимости от сортоучастка менялись (от 1-го на Ульяновском и Новоспасском ГСУ до 5-го на Чердаклинском ГСУ).

Таблица 70 – Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы по ГСУ Ульяновской области (среднее за 2016-2019 гг.) и их ранжирование

Сорт	Урожайность (т/га) / ранг				
	Чердаклинский	Ульяновский	Сурский	Новоспасский	среднее
Боярыня	3,83/5	4,48/1	3,52/4	4,83/1	4,17/1
Базальт	4,15/1	4,19/3	3,29/9	4,62/3	4,06/2
Новоершовская	3,99/3	4,19/3	3,37/8	4,48/5	4,01/3
Харьковская 92	3,75/6	4,02/6	3,44/5	4,64/2	3,96/4
Фотинья, стандарт	3,93/4	4,20/2	3,41/6	4,18/9	3,93/5
Скипетр	3,32/10	4,18/4	3,59/2	4,55/4	3,91/6
Марафон	3,43/9	3,96/7	3,67/1	4,47/6	3,88/7
Саратовская 17	3,65/7	4,05/5	3,40/7	4,40/7	3,88/8
Универсиада	3,49/8	3,70/9	3,58/3	4,29/8	3,77/9
Волжская К	4,02/2	3,93/8	3,12/10	3,85/10	3,73/10
Среднее	3,76	4,09	3,44	4,43	3,93/

Соотношение урожайности сортов озимой мягкой пшеницы со среднесортовым её значением [Животков Л.А., 1994] показало, что в условиях Чердаклинского ГСУ высокими коэффициентами адаптивности (0,99-1,22) во все годы проведения исследований характеризовались сорта Фотинья, Базальт и Новоершовская (таблица 71). Это говорит об их высокой приспособленности к средовым условиям Заволжской зоны.

На Ульяновском ГСУ высокие адаптивные свойства показали сорта Фотинья, Боярыня, Новоершовская и Марафон (коэффициенты адаптивности 0,95-1,20). Сорта озимой мягкой пшеницы Марафон и Харьковская 92 выделялись по адаптивным свойствам на Сурском ГСУ (коэффициенты адаптивности 0,95-1,16).

Таблица 71 – Коэффициенты адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы на разных ГСУ Ульяновской области

Сорт	Урожай- ность, т/га	Коэффициенты адаптивности по годам				
		2016	2017	2018	2019	от-до
Чердаклинский ГСУ						
Фотинья, стандарт	3,93	1,09	1,03	0,99	1,04	0,99-1,09
Базальт	4,15	1,16	1,04	1,03	1,22	1,03-1,22
Боярыня	3,83	1,08	1,10	0,69	1,00	0,69-1,10
Волжская К	4,02	0,93	1,10	1,15	1,17	0,93-1,17
Марафон	3,43	0,87	0,82	1,25	0,93	0,82-1,25
Новоершовская	3,99	1,08	1,07	1,03	1,04	1,03-1,08
Саратовская 17	3,65	1,02	0,97	0,90	0,95	0,90-1,02
Скипетр	3,32	0,94	0,86	0,86	0,87	0,86-0,94
Универсиада	3,49	0,91	0,94	1,00	0,89	0,89-1,00
Харьковская 92	3,75	0,91	1,07	1,11	0,91	0,91-1,11
Ульяновский ГСУ						
Фотинья, стандарт	4,20	1,01	1,02	1,08	0,97	0,97-1,08
Базальт	4,19	1,04	1,09	0,94	0,98	0,94-1,09
Боярыня	4,48	1,20	1,07	1,06	1,05	1,05-1,20
Волжская К	3,93	0,79	1,09	0,92	1,00	0,79-1,09
Марафон	3,96	0,95	0,97	0,97	0,97	0,95-0,97
Новоершовская	4,19	1,12	0,96	1,02	1,02	0,96-1,12
Саратовская 17	4,05	1,09	0,90	1,02	1,01	0,90-1,09
Скипетр	4,18	0,93	1,04	1,05	1,08	0,93-1,08
Универсиада	3,70	0,79	0,96	0,89	0,98	0,79-0,98
Харьковская 92	4,02	1,07	0,91	1,04	0,93	0,91-1,07
Сурский ГСУ						
Фотинья, стандарт	3,41	0,90	1,00	0,96	1,12	0,90-1,12
Базальт	3,29	1,00	0,90	0,97	1,03	0,90-1,03
Боярыня	3,52	1,18	1,01	1,06	0,80	0,80-1,18
Волжская К	3,12	0,88	1,03	0,90	0,63	0,63-1,03
Марафон	3,67	1,16	1,03	1,09	1,03	1,03-1,16
Новоершовская	3,37	0,75	1,02	1,02	1,16	0,75-1,02
Саратовская 17	3,40	0,92	1,02	1,00	0,99	0,92-1,02
Скипетр	3,59	0,82	1,08	1,02	1,27	0,82-1,27
Универсиада	3,58	1,29	0,97	0,94	1,00	0,94-1,29
Харьковская 92	3,44	1,10	0,95	1,02	0,99	0,95-1,10

Продолжение таблицы 71

Новоспасский ГСУ						
Фотинья, стандарт	4,18	0,94	0,90	1,00	0,96	0,90-1,00
Базальт	4,62	1,14	1,02	1,00	1,05	1,00-1,14
Боярыня	4,83	1,09	1,08	1,06	1,15	1,06-1,15
Волжская К	3,85	0,93	0,92	0,84	0,74	0,74-0,93
Марафон	4,47	0,90	1,05	1,03	1,00	0,90-1,05
Новоершовская	4,48	0,85	1,05	1,01	1,11	0,85-1,11
Саратовская 17	4,40	1,04	0,95	1,04	0,94	0,94-1,04
Скипетр	4,55	0,93	1,08	1,04	1,00	0,93-1,08
Универсиада	4,29	1,12	0,93	0,89	1,00	0,89-1,12
Харьковская 92	4,64	1,07	1,02	1,07	1,05	1,02-1,07

На Новоспасском ГСУ высокую приспособленность к выращиванию в южной зоне области показали сорта Базальт, Боярыня, Харьковская 92 (коэффициенты адаптивности 1,0-1,15) (рисунок 64).



Рисунок 64 – Микрзональное районирование сортов озимой мягкой пшеницы с учетом оценки их адаптивности

По мнению Э.Д. Неттевич (2001), районирование сорта на большой территории региона, без учета его адаптивных характеристик, далеко не всегда позволяет реализовать его продукционные возможности. Выявление адаптивных реакций районированного сортимента озимой мягкой пшеницы позволяет охватить большое микроэкологическое разнообразие территории Ульяновской области, полнее использовать генетически заложенные продукционные возможности сортов в ходе генотипо-средового взаимодействия.

Исследованиями установлены сорта озимой мягкой пшеницы со стабильно высокими коэффициентами адаптивности в той или иной зоне области – 0,95-1,22

Таким образом, полагаясь на результаты проведённых исследований, считаем целесообразным для озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, сортовой состав которой в настоящее время достаточно богат (более 30 сортов, см. таблицу 5), введение микрозонального районирования, что будет способствовать не только увеличению урожайности культуры, но и повышению её стабильности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние исследования, проведённые в различные по условиям вегетации годы, позволили сделать следующие выводы:

1. В Ульяновской области наблюдается устойчивый рост средней температуры воздуха в период выращивания озимой мягкой пшеницы на 0,0445 °С в год, или на 1,34 °С за 30 лет, в том числе за весенне-летний период вегетации на 0,0473 °С в год, или на 1,42 °С за 30 лет и в особенности в майский его этап на 0,1 °С в год, или на 3,1 °С за весь период исследований. В холодный период года (ноябрь-март) отмечается устойчивое увеличение количества осадков на 1,69 мм в год, или на 50,7 мм за 30 лет. Для современного климата Ульяновской области характерна контрастность режима осадков на всех рассматриваемых этапах выращивания озимой мягкой пшеницы, а также в предпосевной его период ($V = 27,6-66,0 \%$), а также сильная вариабельность температуры воздуха в холодный период года ($V = 32,0 \%$).

2. Диапазон изменения расчётной урожайности озимой мягкой пшеницы в регионе по агроклиматическим ресурсам колеблется от 5,75 до 11,38 т/га. Биоклиматический потенциал Ульяновской области при КПД ФАР 2 % позволяет обеспечивать урожайность зерна 6,62 т/га. Повышение коэффициента использования ФАР посевами культуры на 1 % способствует увеличению урожайности зерна на 3,31 т/га. Потенциал урожайности озимой мягкой пшеницы, обеспеченный агроклиматическими ресурсами, используется в среднем только на 40 %, а в благоприятные годы на 74 %.

3. Установлено доминирующее влияние условий среды в реализации зимостойкости озимой мягкой пшеницы, продолжительности её вегетационного периода, высоты растений, урожайности, как результирующего показателя многих признаков и свойств (вклад 55,1-77,8 %). Это свидетельствует об актуальности повышения экологической адаптивности озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья, в том числе и за счет её селекционного улучшения.

4. Наиболее часто встречающимся неблагоприятным фактором перезимовки

для озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья является выпревание (вероятность 46 %). Хорошая зимостойкость сортоиспытания исследуемой культуры (среднее значение за шестилетний период 4,4 балла) обеспечена относительно мягкими зимами, селекционным улучшением культуры, генетическим разнообразием исследуемых сортов. Среди генофонда озимых пшениц мировой коллекции повышенной и высокой зимостойкостью (4,0-5,0 баллов) характеризуются российские пшеницы сибирской селекции, ряд образцов Украины, Латвии, Болгарии, Японии и Китая.

5. Зимостойкость озимой мягкой пшеницы является важным фактором, определяющим уровень её урожайности в лесостепи Среднего Поволжья. При создании высокопродуктивных сортов культуры или подборе их для производственного использования следует учитывать, наряду с зимостойкостью, и устойчивость к стрессовым факторам весенне-летнего периода, а также аттрагирующую способность. Минимальный уровень зимостойкости, при которой отдельные сорта озимой мягкой пшеницы могут формировать высокий урожай – 3,0-3,5 балла (перезимовало 70 % растений).

6. Установлена достоверная положительная корреляционная связь сильной степени между датой наступления колошения озимой мягкой пшеницы и датой её созревания ($r = 0,70 \pm 0,26$), что позволяет считать фазу колошения надежным критерием определения группы спелости сортов пшеницы. Раннеспелостью и среднеспелостью характеризуются пшеницы Китая, Японии, Болгарии, северокавказского региона России, среднеспелостью – сорта сибирского региона России, позднеспелостью – сорта Германии, разных групп спелости – сортообразцы Украины.

7. В лесостепи Среднего Поволжья в разные годы высокую урожайность формируют среднеспелые, среднеранние и раннеспелые сорта озимой пшеницы, что следует учитывать при селекции культуры в регионе на вегетационный период, а также при формировании сортовой структуры её производственных посевов. В силу частых засух и засушливых явлений в зоне исследований крупнозёрность в большей степени характерна для скороспелых пшениц. Продолжительность периода вегетации озимой мягкой пшеницы сопряжена с высотой растений – за каждый

день до колошения происходит рост соломины пшеницы на 3,7 см.

8. Устойчивость к полеганию озимой мягкой пшеницы достоверно отрицательно коррелирует с высотой растений ($r = -0,57 \pm 0,23$). Снижение высоты растений озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья сопряжено с уменьшением зимостойкости культуры ($r = 0,76 \pm 0,18$), в связи с чем для решения проблемы совмещения в генотипе низкостебельности и высокой зимостойкости необходимо проводить селекцию на основе выделившегося в ходе исследований исходного материала. При отсутствии полегания между высотой растений сортимента озимой пшеницы и урожайностью культуры установлены положительные корреляционные связи (в ручном посеве во все годы исследований связи достоверные).

9. В лесостепи Среднего Поволжья урожайность озимой мягкой пшеницы в наибольшей степени определяет густота продуктивного стеблестоя ($r=0,69 \pm 0,20$), зависящая в свою очередь, главным образом, от числа растений, сохранившихся к уборке ($r = 0,73 \pm 0,19$). И густота продуктивного стеблестоя, и число сохранившихся к уборке растений достоверно положительно в сильной степени зависят от зимостойкости ($r = 0,77 \pm 0,18$ и $r = 0,84 \pm 0,15$ соответственно). Продуктивность колоса озимой мягкой пшеницы в сильной степени коррелирует с обоими основными составляющими элементами ее структуры: и массой 1000 зёрен ($r = 0,75 \pm 0,18$), и его озернёностью ($r = 0,84 \pm 0,15$).

10. Среди элементов структуры урожайности озимой мягкой пшеницы наиболее эффективны отборы в селекционном процессе культуры по признакам: число растений и продуктивных стеблей к уборке, сохранность растений, количество неразвитых колосков, по которым вклад в изменчивость фактора «генотип» превосходит вклад фактора «условия среды». Велико влияние эффекта «взаимодействие генотип-среда» (вклад 44-71 %) на изменчивость показателей: число растений и продуктивных стеблей к уборке, сохранность растений, общая и продуктивная кустистость, масса зерна с растения, количество зерен в колосе и количество неразвитых колосков, что указывает на возможность их улучшения разработкой и использованием сортовых агротехнологий. В реализации этих показателей также важным является наличие сортового разнообразия.

11. Между урожайностью и показателями качества зерна озимой мягкой пшеницы: количество и качество клейковины, стекловидность зерна статистически достоверных корреляционных связей не установлено, что означает возможность их сочетания в одном генотипе. Натура зерна в лесостепи Среднего Поволжья в отдельные годы может статистически достоверно коррелировать с урожайностью и стекловидностью исследуемой культуры.

12. В изменчивость количества и качества клейковины, натуры зерна озимой мягкой пшеницы наибольший вклад вносят условия среды (42,3-85,4 %). В варьировании стекловидности зерна влияние фактора «генотип» преобладает над влиянием фактора «условия среды» (32,7 и 24,5 % соответственно), поэтому отборы по данному показателю в селекции культуры могут быть эффективными. Наибольший вклад «взаимодействие генотип-среда» вносит в изменчивость количества и качества клейковины, стекловидности зерна (39,5-42,5 %). Эти показатели озимой мягкой пшеницы могут быть улучшены при использовании сортовых агротехнологий, а также возделыванием системы высококачественных сортов культуры.

13. Высокие адаптивные свойства генотипов озимой мягкой пшеницы не всегда сочетаются с их высоким продукционным потенциалом. Всесторонняя оценка урожайности и параметров экологической адаптивности сортов и селекционных линий позволяет подобрать генотипы, у которых в определенной степени достигнуто оптимальное сочетание между урожайностью и экологической адаптивностью. Оценка пластичности и стабильности генотипов предполагает дифференцированное их использование в зависимости от интенсивности и способствует максимальной реализации продукционного потенциала.

14. В результате многолетней селекционной работы созданы разноплановые сорта озимой мягкой пшеницы Студенческая нива, Октябрьская, включённые в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Средневолжскому региону соответственно в 2022 и 2023 гг., сорта Волжский рубин, Аккорд, переданные в ГСИ для испытаний на хозяйственную полезность, а также перспективные селекционные линии 6, 7, 13, 17, 23 и др., взаимодополняющие друг друга по адаптивно-значимым показателям. На их основе раз-

работана эколого-биологическая система сортов с целью обеспечения стабилизации и повышения производства зерна данной культуры.

15. Анализ экономической эффективности показал, что возделывание всех созданных сортов озимой мягкой пшеницы является рентабельным. Самой высокой рентабельностью характеризовались сорта Аккорд (100,2 %) и Октябрьская (85,4 %). Сорт Аккорд имел также наибольший чистый энергетический доход (57839 МДж/га) и максимальный коэффициент энергетической эффективности (1,58).

16. С целью увеличения производства зерна озимой мягкой пшеницы и повышения его стабильности в Ульяновской области целесообразно введение микрозонального районирования. Сочетанием высокой продуктивности и адаптивности в Заволжской зоне Ульяновской области характеризуются сорта: Фотинья, Базальт Новоершовская, в Центральной – Фотинья, Боярыня, Новоершовская, Марафон, в Западной – Марафон, Харьковская 92, в Южной – Базальт, Боярыня, Харьковская 92.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. В селекционной работе с озимой мягкой пшеницей в лесостепи Среднего Поволжья рекомендуется использовать следующие источники отдельных и комплекса хозяйственно ценных показателей:

- адаптивности: Волжская К, Санта, Безенчукская 380 (Россия);
- урожайности: Волжская К, Волжская 100, Светоч, Виктория 95, Поэма, Кулундинка, Бийская озимая (Россия);
- качества зерна: Волжская К (Россия);
- устойчивости к выпреванию: Волжская К, Багратионовская, Новосибирская 32, Новосибирская 51, Бийская озимая, Филатовка, Кулундинка, Поэма, Виктория 95, Камея, Новосибирская 9, Новосибирская 40, Лютесценс 4 (Россия), Krasen (Украина), Satsukei 26 (Япония);
- сочетания зимостойкости и урожайности: Виктория 95, Бийская озимая, Кулундинка, Поэма (Россия);
- скороспелости: Марафон, Ресурс, Ситная, Виктория 95, Авеста (Россия), Vdachna, Shestopalivka, Myropol, Dukanka, Dashenka, Kalyanova, Lytavinka (Украина), Svilena, Emoile (Болгария), KS 96 WGRC 37, KS 96 WGRC 40, Pacer (США), Kitami 46 (Япония), Xiao Yan 6, Ji Mai 36, Yu Mai 18, Yu Mai 30, Yu Mai 31, Zhong Pin 1535 (Китай);
- сочетания скороспелости и урожайности: Виктория 95 (Россия), Dashenka, Kalyanova, Lytavinka (Украина);
- сочетания скороспелости и зимостойкости: Виктория 95 (Россия), Myropol, Dashenka, Lytavinka (Украина), Emoile (Болгария), Zhong Pin 1535 (Китай);
- сочетания среднеспелости и зимостойкости: Новосибирская 32, Бийская озимая, Кулундинка, Лютесценс 4 (Россия), Mykolayivka, Manzhelija (Украина);
- сочетания скороспелости и крупнозерности: Марафон, Ресурс, Ситная (Россия), Dashenka, Kalyanova, Vdachna, Shestopalivka, Khersonska bez, Dukanka (Украина), Kolumka (Молдавия), Emoila (Болгария), Yu Mai 31, Zhong Pin 1535

(Китай);

– низкостебельности: Донская лира, Каменя (Россия), Zamozhnist, Ясногорка, Ninka (Украина), Ji Mai 18 (Китай), Kitami 35 (Япония);

– сочетания низкостебельности и урожайности: Донская лира (Россия), Zamozhnist, Ясногорка (Украина);

– сочетания низкостебельности и зимостойкости: Каменя, Новосибирская 9, (Россия), Myropol, Mykolayivka, Lytavinka, Vinnychanka, Khersonska bez, Manzhelija, Krasen (Украина), Banga (Латвия), Emoile (Болгария), Xiao Yan 107, Zhong Pin 1535 (Китай).

2. Рекомендовать проведение отборов в селекционном процессе озимой мягкой пшеницы по показателям, в реализации которых вклад фактора «генотип» превышает вклад фактора «условия среды»: число растений и продуктивных стеблей к уборке, сохранность растений, количество неразвитых колосков, стекловидность зерна.

3. При проведении отборов и браковок в звеньях селекционного процесса предлагается учитывать минимальный уровень зимостойкости, при котором отдельные генотипы озимой мягкой пшеницы могут формировать высокий урожай в силу их возможной устойчивости к стрессовым факторам весенне-летнего периода – 3,0-3,5 балла (перезимовало 70 % растений).

4. В селекции озимой мягкой пшеницы на продолжительность периода вегетации рекомендуется вести отбор с учётом возможного изменения высоты растений (уравнение регрессии $y = 3,6973x - 37,705$, достоверно при $R^2 = 0,5341$).

5. Учитывая, что уменьшение высоты растений озимой мягкой пшеницы может вызвать снижение зимостойкости культуры ($r = 0,76 \pm 0,18$, достоверно на 1 % уровне значимости), для практической селекции рекомендуется проводить подбор родительских пар для гибридизации на основе выделившегося в ходе исследований исходного материала, сочетающего низкостебельность и высокую зимостойкость.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Рекомендуются к внедрению в сельскохозяйственное производство сорт озимой мягкой пшеницы Студенческая нива, допущенный к использованию по Средневолжскому региону РФ в 2022 г. и сорт озимой мягкой пшеницы Октябрьская, допущенный к использованию по Средневолжскому региону РФ в 2023 г.

2. Для более полного использования адаптивного потенциала озимой мягкой пшеницы, повышения зерновой продуктивности и её стабилизации, с учётом достоверного вклада «взаимодействие генотип-среда» в реализацию урожайности и многих других хозяйственно-ценных показателей, в производственных условиях необходимо использовать несколько взаимодополняющих сортов культуры, сортовые агротехнологии, принцип агроэкологической адресности при их размещении.

3. Для возделывания в Заволжской зоне Ульяновской области рекомендуются сорта, сочетающие урожайность и адаптивность, – Фотинья, Базальт Новоершовская, для Центральной – Фотинья, Боярыня, Новоершовская, Марафон, для Западной – Марафон, Харьковская 92, для Южной – Базальт, Боярыня, Харьковская 92.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области. Издание второе. – Гидрометеиздат. – Ленинград, 1968. – 128 с.
2. Абрамова, З.В. Практикум по генетике / З.В. Абрамова. – Л.: Агропромиздат, 1992. – 224 с.
3. Абрамова, Т.В. Ульяновская область в цифрах / Т.В. Абрамова, Р.А. Горлачева, Е.А. Денисова // Краткий статистический сборник. – Ульяновск, 2020. – 136 с.
4. Агеева, Е.В. Оценка экологической пластичности сортообразцов мягкой яровой пшеницы питомника Казахстанско-Сибирской сети СИММИТ / Е.В. Агеева, И.Е. Лихенко, В.В. Советов // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 11. – С. 26-29.
5. Агеева, Е.В. Полегание пшеницы: генетические и экологические факторы и способы преодоления / Е.В. Агеева, И.Н. Леонова, И.Е. Лихенко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – № 24 (4). – С. 356-362.
6. Акентьева, Е.М. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Е.М. Акентьева, Е.И. Александров, Г.В. Алексеев [и др.]. – Санкт-Петербург: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2017. – 106 с.
7. Акимова, О.И. Формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в весенне-летний период / О.И. Акимова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 8 (58). – С. 18-23.
8. Алимов, К.Г. Влияние изменения климата на устойчивость производства зерна / К.Г. Алимов, Г.К. Алимova // АгроФорум. – 2020. – № 6. – С. 70-75.
9. Аль-Юсеф В.А.Ч. Фенотипическое и генетическое разнообразие местной яровой мягкой пшеницы Азии и Африки из коллекции ВИР: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.15 / В.А.Ч. Аль-Юсеф. – СПб, 2009. – 22 с.
10. Амелин, А.В. Селекция на повышение фотоэнергетического потенциала растений и эффективности его использования, как стратегическая задача в

обеспечении импортозамещения и продовольственной безопасности России / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (57). – С. 9-17.

11. Амелин, А.В. Сравнительная характеристика современных сортов яровой и озимой пшениц в связи с селекцией на высокую и качественную урожайность зерна в условиях Центрально-Черноземного региона России / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 6 (81). – С. 9-17.

12. Амельченко, И.В. Оценка генотипов на гомеоадаптивность / И.В. Амельченко, Д.О. Долженко // Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе. – 2003. – С. 23-27.

13. Андрияш, Н.В. Источники скороспелости для селекции озимой пшеницы / Н.В. Андрияш, А.И. Бороданенко, О.Д. Градчанинова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Л. ВИР. – 1984. – Т. 84. – С. 23-28.

14. Артемова, Г.В. Результаты и методы адаптивной селекции озимых культур в СИБНИИРС / Г.В. Артемова, В.И. Пономаренко, П.И. Степочкин // Генофонд и селекция растений: Тезисы докладов II Международной конференции, посвященной 80-летию СИБНИИРС, Новосибирск, 29–31 марта 2016 года. – Новосибирск: Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, 2016. – С. 9-10.

15. Асеева, Т.А. Формирование урожайности и качества зерна яровой и озимой пшеницы в условиях среднего Приамурья / Т.А. Асеева, Г.С. Карачева, И.В. Ломакина [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 1. – С. 3-6.

16. Барнаков, Н.В. Научные основы семеноводства зерновых культур / Н.В. Барнаков. – Новосибирск: Наука, 1982. – 324 с.

17. Безлюдный, В.Н. Использование ближней инфракрасной спектроскопии для оценки общей стекловидности зерна яровой пшеницы / В.Н. Безлюдный, Т.П. Шемпель, Е.В. Лапутыко // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2012. – № 48. – С. 199-205.

18. Белолобцев, А.И. Агроклиматическая оценка продуктивности озимой пшеницы на склоновых землях / А.И. Белолобцев, О.Э. Суховеева, И.Ф. Асауляк // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2. – С. 46-57.
19. Беляев, Д.К. О некоторых проблемах коррелятивной изменчивости и их значение для теории эволюции и селекции животных / Д.К. Беляев // Известия СО АН СССР. – 1962. – № 10. – С. 111-124.
20. Береза, О.В. Количественная оценка состояния озимых зерновых культур ко времени прекращения вегетации осенью по данным наземных и спутниковых наблюдений: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.30 / О.В. Береза. – Москва, 2018. – 42 с.
21. Беспалова, Л.А. Источники карликовости и их селекционная ценность / Л.А. Беспалова, А.Я. Волков, Н.И. Лысак // Сб. науч. тр. / КНИИСХ, Краснодар, 1977. – Вып. XIV. – С.32-37.
22. Беспалова, Л.А. Селекция полукарликовых сортов озимой мягкой пшеницы: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.05 / Л.А. Беспалова. – Краснодар, 1998. – 50 с.
23. Беспалова, Л.А. Реализация модели полукарликового сорта академика П.П. Лукьяненко и её дальнейшее развитие / Л.А. Беспалова // Материалы научно-практической конференции «Зелёная революция П.П. Лукьяненко». – Краснодар: Сов. Кубань, 2001. – С. 60-72.
24. Беспалова, Л.А. Экологические и генетические аспекты селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна / Л.А. Беспалова, Ф.А. Колесников, Г.И. Букреева // Вестник аграрной науки. – 2006. – №. 2-3. – С. 21-23.
25. Беспалова, Л.А. Применение молекулярных маркеров в селекции пшеницы в Краснодарском НИИСХ им. П.П. Лукьяненко / Л.А. Беспалова, А.В. Васильев, И.Б. Аблова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 37-43.
26. Беспалова, Л.А. Сортовые структуры – системный фактор интенсификации селекции и производства зерна пшеницы / Л.А. Беспалова, И.Н. Кудря-

шов, А.Н. Аулов [и др.] // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 41-43.

27. Беспалова, Л.А. Сорты пшеницы и тритикале Краснодарского НИИСХ имени П.П. Лукьяненко: Каталог / Л.А. Беспалова, А.А. Романенко, Ф.А. Колесников [и др.]. – КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Краснодар, 2016. – 143 с.

28. Беспалова, Л.А. Достижения и направления дальнейшего развития селекции, семеноводства и размножения растений / Л.А. Беспалова, Ю.К. Гончарова, В.А. Драгавцев [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 66. – С. 8-14.

29. Беспалова, Л.А. Сорты пшеницы и тритикале: каталог / Л.А. Беспалова, А.А. Романенко, И.Н., Кудряшов [и др.]. – Краснодар: Издательство "ЭДВИ", 2020. – 176 с.

30. Беспалова, Л.А. Сорты пшеницы и тритикале: каталог / Л.А. Беспалова, А.А. Романенко, И.Н. Кудряшов [и др.]. – Краснодар: Издательство "ЭДВИ", 2021. – 183 с.

31. Бирюков, К.Н. Сроки посева озимой пшеницы - один из решающих факторов стабильных урожаев высокого качества на Дону / К.Н. Бирюков, А.И. Грабовец, М.А. Фоменко, О.В. Беседина // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 3. – С. 56-61.

32. Богданова, Е.Д. Эпигенетическая изменчивость, индуцированная никотиновой кислотой, у *Triticum aestivum* L / Е.Д. Богданова // Генетика. – 2003. – Т. 39. – № 9. – С. 1221-1227.

33. Бондаренко, Л.В. Глобальное изменение климата и его последствия / / Л.В. Бондаренко, О.В. Маслова, А.В. Белкина [и др.] // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2018. – № 2 (98). – С. 84-93.

34. Бороевич, С. Принципы и методы селекции растений / С. Бороевич. – М.: Колос, 1984. – 344 с.

35. Бриггс, Ф. Научные основы селекции растений / Ф. Бриггс, П. Ноулз. – М.: Колос, 1972. – 399 с.

36. Бурдун, А.М. Оценка экологической адаптивности сортов на ранних этапах селекции / А.М. Бурдун, Л.М. Лопатина, А.Н. Гуйда // Теоретические и

прикладные аспекты селекции и семеноводства пшеницы, ржи, ячменя и тритикале. – Одесса, 1981. – С.169.

37. Вавилов, Н.И. Научные основы селекции пшеницы / Н.И. Вавилов. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. – 244 с.

38. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы зерновых культур и льна / Н.И. Вавилов. – М. Л.: АН СССР, 1957. – 468 с.

39. Вавилов, Н.И. Учение о происхождении культурных растений после Дарвина / Н.И. Вавилов // Избранные произведения. Т. 1. – Л.: Наука, 1967. – С. 303-327.

40. Валекжанин, В.С. Адаптивность сортов и линия яровой пшеницы по урожайности и элементам ее структуры в условиях приобской лесостепи Алтайского края / В.С. Валекжанин, Н.И. Коробейников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6 (92). – С.10-14.

41. Ванюшин, Б.Ф. Эпигенетика сегодня и завтра / Б.Ф. Ванюшин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4-2. – С. 805-832.

42. Василова, Н.З. Сорт яровой мягкой пшеницы Экада 109-результат работы на гомеоадаптивность / Н.З. Василова, Э.З. Багавиева, В.В. Сюков [и др.] //Нива Татарстана. – 2014. – №. 1. – С. 28-30.

43. Василова, Н.З. Достижения селекции яровой мягкой пшеницы в Татарстане / Н.З. Василова, Д.Л.Ф. Асхадуллин, Д.Р.Ф. Асхадуллин [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 124-131.

44. Велигодская, А. В. Исходный материал для селекции на устойчивость озимой пшеницы к грибным листовым заболеваниям в условиях Центрального Предкавказья / А.В. Велигодская, Л.Р. Михайлова // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – № 3. – С. 15-19.

45. Вершинина, З.Р. ГМО запретить невозможно разрешить! / З.Р. Вершинина, Б.Р. Кулуев, И.В. Максимов [и др.] // Биомика. – 2020. – Т. 12. – № 1. – С. 80-120.

46. Вьюшков, А.А. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы / А.А. Вьюшков, П.Н. Мальчиков, В.В. Сюков [и др.]. – Самара: «Известия

Самарского научного центра РАН», 2008. – 536 с.

47. Гайратов, М.Х. Влияние агроклиматических условий зоны выращивания на морфофизиологические и биохимические показатели качества зерна пшеницы: дис ... канд. биол. наук: 03.00.12. / М.Х. Гайратов. – Душанбе, 2005. – 126 с.

48. Ганусевич, Ф.Ф. Соотношение потенциальной и климатически обеспеченной продуктивности посевов / Ф.Ф. Ганусевич, Е.А. Стружкова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – С. 39-43.

49. Гапоненко, А.К. Генетическая трансформация пшеницы. Обзор состояния проблемы / А.К. Гапоненко, Я.В. Мишуткина, А.А. Тимошенко [и др.] // Генетика. – 2018. – Т. 54. – № 3. – С. 273-291.

50. Глазко, В.И. Генетически модифицированные культурные растения, их появление и проблемы / В.И. Глазко, Т.Т. Глазко // Вестник РАЕН. – 2014. – Т. 14. – № 1. – С. 86-92.

51. Глуховцев, В.В. Результаты селекции в Поволжском НИИСС им. П.Н. Константинова / В.В. Глуховцев, Г.Я. Маслова, Ю.П. Борисенков // Материалы Международной научно-практической конференции «Повышение урожайности и качества продукции зерновых, комовых и технических культур». – Самара, 2005. – С. 7-12.

52. Глуховцев, В.В. Селекция озимой пшеницы на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам в условиях Среднего Поволжья / В.В. Глуховцев, Г.Я. Маслова, Ю.П. Борисенков [и др.] // Доклады РАСХН. – 2014. – № 1. – С. 3-5.

53. Гончаренко, А.А. О проблеме экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // Безостая 1 – 50 лет триумфа: Сб. мат. межд. конф., посвящ. 50-летию создания сорта озимой мягкой пшеницы Безостая 1. – Краснодар, 2005^А. – С. 44-59.

54. Гончаренко, А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005^Б. – № 6. – С. 49-53.

55. Гончаренко, А.А. Оценка адаптивного потенциала сортов зерновых культур и задачи селекции / А.А. Гончаренко // Продовольственная безопасность сельского хозяйства России в XXI веке. Жученковские чтения II: сборник научных трудов. – Вып. 11 (59). – М.: ООО «Угрешская типография», 2016^А. – С.27-32.
56. Гончаренко, А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции / А.А. Гончаренко // Зерновое хозяйство России. – 2016^В. – № 2 (44). – С. 31-36.
57. Гончаров, Н.П. Происхождение, domestикация и эволюция пшениц / Н.П. Гончаров, Е.Я. Кондратенко // Информационный вестник ВОГиС. – 2008. – Т. 12. – № 1-2. – С. 159-179.
58. Гончаров, Н.П. Доместикация растений / Н.П. Гончаров // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4-2. – С. 884-899.
59. Гончаров, П.Л. Реакция сортов яровой пшеницы на условия внешней среды в степной зоне Западной Сибири (Северная Кулунда) // П.Л. Гончаров, С.В. Куркова, Г.М. Осипова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №1. – С. 5-7.
60. Гончаров, С.В. Селекция озимой пшеницы: в поисках совершенствования механизма финансирования / С.В. Гончаров // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (50). – С. 18-31.
61. Гончаров, С.В. Зерновые культуры: селекция на гетерозис / С.В. Гончаров, К.В. Костов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018^А. – № 72. – С. 89-92.
62. Гончаров, С.В. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы / С.В. Гончаров, М.Ю. Курашов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018^В. – № 2 (57). – С. 66-75.
63. Гордеев, А.В. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков [и др.]. – М., 2006. – 512 с.
64. Гордей С.И. Направления и основные результаты селекции озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в Республике Беларусь / С.И. Гордей, И.В. Сацюк, Э.П. Урбан // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аг-

рарных наук. – 2019. – Т. 57. – №. 4. – С. 444-453.

65. Городов, В.Т. Повышение фотоактивности листьев растений яровой пшеницы селекционным путем / В.Т. Городов, А.В. Амелин, Е.И. Чекалин [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 151-162.

66. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 16 с.

67. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 3 с.

68. ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – М.: Стандартинформ, 2009. – 3 с.

69. ГОСТ Р 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. – М.: Стандартинформ, 2012. – 24 с.

70. ГОСТ Р 54895-2012. Зерно. Метод определения природы. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.

71. ГОСТ 10840-2017. Зерно. Метод определения природы. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.

72. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. Сорты растений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 370 с.

73. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. Сорты растений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 719 с.

74. Грабовец, А.И. Основные направления ведения селекции озимой мягкой пшеницы на экологическую пластичность в условиях меняющегося климата / А.И. Грабовец // Проблеми підвищення адаптивного потенціалу системи рослинництва у зв'язку зі змінами клімату: Тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. – Біла Церква, 2008. – С. 23-24.

75. Грабовец, А.И. Масса зерна - интегральный показатель адаптивности озимой пшеницы при селекции на засухоустойчивость / А.И. Грабовец, М.А.

Фоменко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014^А. – № 5 (49). – С. 16-19.

76. Грабовец, А.И. Некоторые аспекты селекции озимой пшеницы на зимостойкость в условиях меняющегося климата / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014^Б. – № 6. – С. 3-6.

77. Грабовец, А.И. Изменение климата и методология создания новых сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической пластичностью / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 12. – С.16-19.

78. Грабовец, А.И. Стабильность урожаев в широком диапазоне сред-основной параметр при селекции озимой пшеницы / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – №. 5. – С. 3-7.

79. Гриб, С.И. Стратегия и приоритеты селекции полевых культур в Беларуси / С.И. Гриб // Материалы IV Вавиловской международной конференции "Идеи Н.И. Вавилова в современном мире". – Санкт-Петербург, 20-24 ноября 2017 года. – С. 244.

80. Губанов, Я.В. Озимая пшеница / Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов. – М., Агропромиздат, 1988. – 303 с.

81. Гумеров, Р.Р. Российский зерновой экспорт: не повторять ошибок прошлого / Р.Р. Гумеров // ЭКО. – 2017. – № 1. – С.5-19.

82. Гурьев, Б.П. Теория и технология адаптивной селекции у зерновых культур / Б.П. Гурьев, П.П. Литун, Л.В. Бондаренко // Селекция и семеноводство. – 1986. – Вып. 60. – Киев. – С. 3-8.

83. Давоян, Р.О. Синтетические формы как основа для сохранения и использования генофонда диких сородичей мягкой пшеницы / Р.О. Давоян, И.В. Бебякина, О.Р. Давоян [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 44-51.

84. Давоян, Р.О. Интрогрессивные линии мягкой пшеницы с генетическим материалом *Agropyron glaucum* // Р.О. Давоян, И.В. Бебякина, Э.Р. Давоян

[и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19. – № 1. – С. 83-90.

85. Давоян, Э.Р. Применение ДНК-маркеров в селекции мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине / Э.Р. Давоян, Л.А. Беспалова, Р.О. Давоян [и др.] // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 05–09 октября 2020 года / Научный редактор В.С. Паштецкий. – Симферополь: Ариал", 2020. – С. 117-119.

86. Давыдова, Н.В. Экологическая оценка стабильности и пластичности сортов яровой мягкой пшеницы различных периодов сортосмены / Н.В. Давыдова, А.О. Казаченко, А.В. Широколава [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 142-149.

87. Деревягин, С.С. Сорты озимой пшеницы саратовской селекции / С.С. Деревягин, С.В. Лящева, В.П. Графов [и др.]. – Саратов, 2020. – 32 с.

88. Дзюбенко, Н.И. Управление адаптивным потенциалом культивируемых растений и его использование / Н.И. Дзюбенко // Проблеми підвищення адаптивного потенціалу системи рослинництва у зв'язку зі змінами клімату: Тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. – Біла Церква, 2008. – С. 27-28.

89. Добровидова, О.Г. Можно без хлеба. Почему ни у кого в мире до сих пор нет ГМ-пшеницы? URL: <https://nplus1.ru/material/2018/08/14/wheat-gmo>

90. Догеев Г.Д. Приемы повышения полевой всхожести семян озимой пшеницы / Г.Д. Догеев, М.Б. Халилов, З.А. Исаев [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 2 (46). – С. 40-44.

91. Дозоров, А.В. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области / А.В. Дозоров, В.А. Исайчев, С.Н. Никитин [и др.]. – 2-е издание, дополненное и переработанное. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2017. – 448 с.

92. Долгодворова, Л.И. Селекция полевых культур на качество: учебное пособие / Л.И. Долгодворова, В.В. Пыльнев, О.А. Буко [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 256 с.

93. Долгополова, Н.В. Влияние минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от способов подкормки и сроков внесения / Н.В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 23-26.

94. Долговых, О.Г. Применение когерентного излучения при возделывании зерновых / О.Г. Долговых, О.Н. Крылов, В.В. Красильников // Агроинженерия. – 2009. – № 1. – С.7 –11.

95. Дорофеев, В.Ф. Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал / В.Ф. Дорофеев, Р.А. Удачин, Л.В. Семенова [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп.– Л.: ВО Агропромиздат, 1987. – 560 с.

96. Дорохов, Б.А. Селекция продуктивных, адаптивных, среднерослых сортов озимой пшеницы / Б.А. Дорохов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (37). – С. 26-29.

97. Дорохов, Б.А. Новое поколение среднерослых сортов озимой пшеницы Центрального Черноземья / Б.А. Дорохов, Н.М. Васильева, И.А. Пшеничная // Символ науки: международный научный журнал. – 2016. – № 10-3 (22). – С. 31-35.

98. Дорохов, Б.А. Генофонд Поволжья в селекции озимой пшеницы на юго-востоке ЦЧЗ / Б.А. Дорохов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3 (43). – С. 54-58.

99. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

100. Драгавцев, В.А. Переопределение генетических формул количественных признаков пшеницы в разных условиях среды / В.А. Драгавцев, А.Ф. Аверьянова // Генетика. – 1983. – Т. 19. – № 11. – С. 1811-1817.

101. Драгавцев, В.А. Современные проблемы взаимодействия генетики и селекции растений / В.А. Драгавцев, Н.В. Кочерина // Аграрная Россия. – 2006. – № 3. – С.27-29.

102. Драгавцев, В.А. Основы наукоемких селекционных технологий для

генетического улучшения полигенных, экономически важных свойств растений / В.А. Драгавцев // Аграрная Россия. – 2008. – № 4. – С.2-9.

103. Драгавцев, В.А. Некоторые задачи агрофизического обеспечения селекционных технологий для генетического повышения продуктивности и урожая растений / В.А. Драгавцев, Г.А. Макарова, А.А. Кочетов [и др.] // Агрофизика. – 2011. – № 1. – С. 14-22.

104. Драгавцев, В.А. Решения технологических задач селекционного повышения урожаев, вытекающие из теории эколого-генетической организации количественных признаков / В.А. Драгавцев // Бюл. ГНБС. – Гос. Никит. ботан. сад. Ялта, 2019. – Вып. 132. – С. 17-28.

105. Дубинин, Н.П. Экспериментальное исследование интеграции наследственных систем в процессах эволюции популяций / Н.П. Дубинин // Журнал общей биологии. – 1948. – Т.9. – № 3. – С. 203-244.

106. Егорцев, Н.А. Научно-методические проблемы селекции озимой пшеницы в Среднем Поволжье и пути их решения: монография / Н.А. Егорцев. – Кинель, 2003. – 354 с.

107. Емцева, М.В. Время колошения замещенных и изогенных линий мягкой пшеницы с доминантными аллелями $V_{rn} B1a$ и $V_{rn} B1c$ / М.В. Емцева, Т.Т. Ефремова, В.С. Арбузова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С.69-76.

108. Ермошкина, Н.Н. Влияние условий осенней вегетации на перезимовку озимой ржи и пшеницы при разных сроках посева / Н.Н. Ермошкина, Г.В. Артемова, П.И. Степочкин [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51. – № 2. – С. 30-39.

109. Животков, Л.А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» / Л.А. Животков, З.А. Морозова, Л.И. Секутаева // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3-6.

110. Жилиева, Н.С. Современные аспекты исследования качества и урожайности пшеницы озимой, выращенной в условиях Орловской области / Н.С.

Жиляева // Современные аспекты изучения ассортимента, качества и безопасности товаров и услуг, представленных на потребительском рынке Орловской области. – 2020. – С. 44-62.

111. Жмурко, В.В. Взаимодействие генов Vrn и Ppd в регуляции развития пшеницы озимой (*Triticum aestivum* L.) / В.В. Жмурко // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2020. – Т. 27. – С. 71-76.

112. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация рекомбинаогенез, агробиоценоз) / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1980. – 587 с.

113. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства: роль науки в повышении эффективности растениеводства / А.А. Жученко, А.Д. Урсул. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 304 с.

114. Жученко, А.А. Действие повышенной температуры на гаметы и процесс оплодотворения у межвидового гибрида томата / А.А. Жученко, А.Н. Кравченко, А.И. Суружиу // Экологическая генетика растений и животных. – Кишинев, 1984. – С.176.

115. Жученко, А.А. Генетические методы ускорения селекционного процесса / А.А. Жученко, А.Н. Кравченко. – Кишинев, 1986. – 190 с.

116. Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). / А.А. Жученко. – Кишинев, 1988. – 768 с.

117. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство: (Эколого-генетические основы) / А.А. Жученко; АН ССР Молдова, Ин-т экол. генетики. – Кишинев: Штиинца, 1990^А. – 431 с.

118. Жученко, А.А. Эколого-генетические проблемы селекции растений / А.А. Жученко // Сельскохозяйственная биология. – 1990^В. – № 3. – С. 3-21.

119. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – М.: РУДН, 2001. – Т. 1. – 783 с.

120. Жученко, А.А. Роль генетической инженерии в адаптивной системе селекции растений (мифы и реалии) / А.А. Жученко // Сельскохозяйственная биология. – 2003. – № 1. – С. 3-19.

121. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России: теория и практика / А.А. Жученко. – М.: ООО Изд-во Агрорус, 2004. – 1109 с.

122. Жученко, А.А. Роль мобилизации генетических ресурсов цветковых растений, их идентификации и систематизации в формировании адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов / А.А. Жученко. – Саратов, ГНУ НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, 2012. – 527 с.

123. Замлила, Н.П. Адаптивность сортов пшеницы мягкой озимой в зависимости от сроков посева в условиях Лесостепи Украины / Н.П. Замлила, Г.Б. Вологодина, А.В. Гуменюк // Материалы конференции: Экология, генетика, селекция на службе человечества / Ульянов. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва. – Ульяновск, 2011. – С. 149-156.

124. Захаров, А.И. Об особенностях проведения весенне-полевых работ в 2016 году. URL: <http://pogodaiklimat.ru/http://www.ulniish.ru/index.php/onas/novosti-i-sobytiya/75-osobennosti-vesenne-polevykh-raboty-v-2016-godu>

125. Захаров, В.Г. Агроэкологическое обоснование размещения рекомендованных к возделыванию в Ульяновской области сортов яровой мягкой пшеницы / В.Г. Захаров, О.Д. Яковлева // Агромир Поволжья. – 2012. – № 1. – С. 14-16.

126. Захаров, В.Г. Адаптивные свойства новых сортов овса в условиях Средне-волжского региона / В.Г. Захаров, О.Г. Мишенькина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4 (52). – С. 100-107.

127. Захаров, Н.Г. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы в условиях среднего Поволжья / Н.Г. Захаров, Н.А. Хайртдинова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3 (51). – С. 41-46.

128. Захарова, Н.Н. Каталог сортов и гибридов полевых культур / Н.Н. Захарова, Т.Д. Грошева, Н.Г. Захаров [и др.]; Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2006. – 172 с.

129. Захарова, Н.Н. Волжская 6, Волжская 100, Волжская засухоустойчивая – мягкозерные сорта озимой мягкой пшеницы / Н.Н. Захарова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 2 (5). – С. 20-24.

130. Захарова, Н.Н. Каталог сортов и гибридов полевых культур, рекомендованных для возделывания в Ульяновской области на 2010 г. / Н.Н. Захарова. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2010. – 81 с.

131. Захарова, Н.Н. Экологическая адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 15-21.

132. Захарова, Н.Н. Формирование качества зерна озимой и яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, М.Н. Гаранин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1 (33). – С. 14-20.

133. Захарова, Н.Н. Зимостойкость озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019^А. – № 3 (47). – С. 66-71.

134. Захарова, Н.Н. Сортовой состав озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы Национальной научно-практической конференции. Ульяновск, 20–21 июня 2019 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2019^В. – С. 31-35.

135. Захарова, Н.Н. О микроразнональном районировании сортов озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы X Международной научно-практической конференции. Ульяновск, 23 июня 2020 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2020. – С. 7-11.

136. Захаров-Гезехус, И.А. Цитоплазматическая наследственность / И.А. Захаров-Гезехус // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 1. – С. 93-102.

137. Зыкин, В.А. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка) / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов [и др.]. – Уфа, 2011. – 97 с.

138. Иванова, А.А. Продовольственная безопасность и изменение климата / А.А. Иванова // Вестник современных исследований. – 2019. – № 1.10 (28). – С. 151-153.

139. Иванова, И.Ю. Корреляционная зависимость урожайности пшеницы мягкой яровой от элементов продуктивности / И.Ю. Иванова, А.О. Иванова, С.В. Ильина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 4 (32). – С. 119-125.

140. Ивойлов, А.В. Влияние агрометеорологических условий периода вегетации и перезимовки растений на урожайность озимой пшеницы в центральной части Республики Мордовии / А.В. Ивойлов, Т.Н. Чернышева // Вестник Мордовского университета. – 2015. – Т. 25. – № 4. – С. 125-132.

141. Информационный листок Россельхозцентра № 7 от 10.02.2020 г. URL: <https://rosselhoccenter.com/files/users/42/Moskva/2020/INFLIST/>

142. Кабашникова, Л.Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков / Л.Ф. Кабашникова. – Минск: Беларус.наука, 2011. – 327 с.

143. Казаков, Е.Д. Пути совершенствования качества зерна / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко // Известия вузов. Пищевая технология. 1995. – № 1-2. – С. 19-23.

144. Калинин, И.Г. Селекция озимой пшеницы / И.Г. Калинин. – М.: ИК "Родник", 1995. – 220 с.

145. Каличкин, В.К. К вопросу о климатически обеспеченной урожайности сельскохозяйственных культур / В.К. Каличкин, В.А. Понько, А.И. Павлова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 5 (197). – С. 13-21.

146. Кашуба, Ю.Н. Селекция озимой пшеницы в Омской области / Ю. Н. Кашуба, А.Н. Ковтуненко, В.М. Трипутин [и др.] // Вестник Омского государ-

ственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (23). – С. 5-8.

147. Кашуба, Ю.Н. Селекция озимой мягкой пшеницы на качество зерна в Омской области / Ю.Н. Кашуба, А.Н. Ковтуненко, В.М. Трипутин [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 5 (151) – С. 5-9.

148. Каюмов, М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник, 2-е изд. / М.К. Каюмов. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

149. Каюмов, М.К. Биоклиматический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования / М.К. Каюмов. – М.: ВСХИЗО, 1991. – 64 с.

150. Кильчевский, А.В. Генотип и среда в селекции растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Наука и техника, 1989. – 191 с.

151. Кильчевский, А.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Тэхналопя, 1997. – 372 с.

152. Кильчевский, А.В. Генетико-экологические основы селекции растений / А.В. Кильчевский // Информационный вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9. – № 4. – С. 518-526.

153. Кирюшин, В.И. Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии / В.И. Кирюшин // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 12. – С. 46-48.

154. Клещенко, А.Д. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата / А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков, О.Д. Сиротенко [и др.]; МСХ РФ, ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии Росгидромета, Института США и Канады РАН, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова РАСХН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, Агрофизический институт РАСХН. – Москва: РАН, 2008. – 206 с.

155. Климатический монитор. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27785&month=7&year=2021>

156. Ключкина, Р.К. Основы агрономии. Характеристика почв Среднего Поволжья / Р.К. Ключкина. – Ульяновск: ГСХА, 2013. – 54 с.

157. Кобылянский, В.Д. Генетика культурных растений / В.Д. Кобылян-

ский, Т.С. Фадеева //Зерновые культуры. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. – 1986. – 264 с.

158. Коваль, С.Ф. Что такое модель сорта: Монография / С.Ф. Коваль, В.С. Коваль, В.М. Чернаков, Р.А. Цильке [и др.]. – Омск: Омский ГАУ, 2005. – 277 с.

159. Ковтун, В.И. Селекция засухоустойчивых, скороспелых сортов озимой мягкой пшеницы на Дону / В.И. Ковтун, О.И. Звягина // Пшеница и тритикале: Материалы научно-практической конференции "Зеленая революция П. П. Лукьяненко", Краснодар, 28-30 мая 2001 года. – Краснодар: Издательство "Советская Кубань", 2001. – С. 207-213.

160. Ковтун, В.И. Высокоурожайный сорт мягкой озимой пшеницы универсального типа статус / В.И. Ковтун // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018^А. – № 2 (70). – С. 40-43.

161. Ковтун, В.И. Новые генотипы мягкой озимой пшеницы универсального типа Северо-Кавказского ФНАЦ / В.И. Ковтун, Л.Н. Ковтун // Генофонд и селекция растений: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 04-06 апреля 2018 года. – Новосибирск: Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, 2018^В. – С. 157-161.

162. Ковтун, В.И. Новый сорт пшеницы мягкой озимой Сиеста для условий юга России / В.И. Ковтун, Л.Н. Ковтун // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2019 – № 5 – С. 3-8.

163. Козлов, В.Е. Сравнение способов получения генетического разнообразия для селекции пшеницы на зимостойкость в условиях Сибири / В.Е. Козлов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 232-239.

164. Козьмина, Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н.П. Козьмина. – М.: Колос, 1976. – 375 с.

165. Коледа, К.В. Создание селекционного материала мягкой озимой пшеницы раннеспелого типа / К.В. Коледа, Е.К. Живлюк, И.И. Коледа, Е.А. Бородич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2. – С.45-49.

166. Коломейченко, В.В. Растениеводство / В.В. Коломейченко. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.

167. Коломейченко, В.В. Теория продукционного процесса растений и фитоценозов / В.В. Коломейченко, В.П. Беденко // Вестник ОрелГАУ. – 2008. – № 4. – С. 17-21.

168. Коломиец, Л.А. Триумфальный юбилей Мироновской 808 в производстве и селекции / Л.А. Коломиец, В.А. Власенко, В.С. Кочмарский [и др.] // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2013. – № 2 (19) – С. 82-87.

169. Колосков, П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР / П.И. Колосков // Труды НИИАК. – 1963. – Вып. 23. – С. 90-111.

170. Колосков, П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование / П.И. Колосков. – Л.: Гидрометиздат, 1971. – 327 с.

171. Комаров, Н.М. Эколого-генотипическая изменчивость продуктивности яровой мягкой пшеницы / Н.М. Комаров, Е.В. Дружинина // Эволюция научных технологий в растениеводстве: Сборник научных трудов, посвященный 90-летию КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко / РАСХН, КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко. – Краснодар: ООО "Просвещение-Юг", 2004. – С. 303-309.

172. Комаров, Н.М. Некоторые аспекты проблемы взаимодействия "генотип-среда" / Н.М. Комаров // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 7. – С. 39-41.

173. Конарев, В.Г. Белки растений как генетические маркеры / В.Г. Конарев. – М.: Колос, 1983. – 320 с.

174. Конарев, В.Г. Молекулярно-биологические аспекты прикладной ботаники, генетики и селекции / В.Г. Конарев // Теоретические основы селекции. – М.: Колос, 1993. – Т. I. – 447 с.

175. Конарев, А.В. Использование молекулярных маркеров в решении проблем генетических ресурсов растений / А.В. Конарев // Аграрная Россия. – 2006. – № 6. – С. 4-22.

176. Коновалов, Ю.Б. Теория отбора в селекции растений, 2-е изд., пере-

раб. и доп. / Ю.Б. Коновалов. – М. Изд-во МСХА, 1990. – 35 с.

177. Коновалов, Ю.Б. Общая селекция растений / Ю.Б. Коновалов, В.В. Пыльнев, Т.И. Хупацария [и др.]. – СПб.: «Лань», 2013. – 477 с.

178. Коновалов, Ю.Б. Технология селекции / Ю.Б. Коновалов // Практикум по селекции и семеноводству полевых культур: учебное пособие / В.В. Пыльнев, Ю.Б. Коновалов, Т.И. Хупацария [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – С. 5-85 с.

179. Кононенко, Л.А. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и параметров адаптивности сортов озимой пшеницы / Л.А. Кононенко, В.И. Мельников, П.В. Скотников [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 5 (11). – С. 55-58.

180. Кононенко, Л.А. Параметры адаптивности сортов и биотипов озимой мягкой пшеницы в условиях северо-востока Республики Беларусь / Л.А. Кононенко, С.В. Егоров, Н.А. Дуктова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №. 2. – С. 22-29.

181. Коптик, И.К. Оптимальные параметры морфотипов сортов озимой пшеницы для почвенно-климатических регионов Беларуси / И.К. Коптик // История Академии аграрных наук Республики Беларусь. – № 4. – 2000. – С. 44-48.

182. Корзун, А.С. Адаптивные особенности селекции семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О.С. Корзун, А.С. Бруйло. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.

183. Корнюхин, Д.Л. Исследования полиморфизма местных сортов озимой мягкой пшеницы по проламинам / Д.Л. Корнюхин // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова. – 2003. – № 242. – С. 80-82.

184. Коробейников, Н.И. Результаты селекции короткостебельных сортов мягкой яровой пшеницы интенсивного типа в Алтайском крае / Н.И. Коробейников, В.С. Валекжанин, И.Н. Пеннер // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 7. – С. 62-67.

185. Косенко, С.В. Влияние высоты растений на урожайность и элементы

продуктивности озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья / С.В. Косенко, В.Г. Кривобочек // Нива Поволжья. – 2009. – № 3 (12). – С. 46-48.

186. Косенко, С.В. Результаты селекции озимой мягкой пшеницы в Пензенском ИСХ - филиале ФГБНУ ФНЦ ЛК / С.В. Косенко, В.Г. Кривобочек // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 6. – С. 15-19.

187. Кренке, Н.П. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое её применение. – М.: Сельхозгиз, 1940. – 136 с.

188. Кривобочек, В.Г. Адаптивный потенциал сортов яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи среднего Поволжья / В.Г. Кривобочек // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – № 7. – С. 19-22.

189. Кривобочек, В.Г. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на скороспелость и продуктивность в условиях лесостепи среднего Поволжья / В.Г. Кривобочек, С.В. Косенко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 9. – С. 20-22.

190. Кривобочек, В.Г. Экологическое варьирование и фенотипическая стабильность урожайности сортов озимой и яровой мягкой пшеницы в лесостепи среднего Поволжья / В.Г. Кривобочек, С.В. Косенко, И.Ф. Демина // Нива Поволжья. – 2019. – № 3 (52). – С. 16-21.

191. Крупнов, В.А. Селекция зерновых и зернобобовых культур в ИКАР-ДА / В.А. Крупнов // Селекция и семеноводство. – 1985. – № 2. – С. 59-63.

192. Крупнов, В.А. Мейстер Георгий Карлович и селекция растений в современных условиях / В.А. Крупнов // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2013. – № 1-2 (8-9). – С. 7-10.

193. Крупнов, В.А. Генетическая сущность и контекст-специфичность признаков урожая пшеницы в засушливых условиях / В.А. Крупнов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т.17. – № 3. – С.524-534.

194. Крюков А.А. Влияние сроков посева и норм высева на формирование структурных элементов продуктивности и урожайности озимой пшеницы / А.А. Крюков, М.Ю. Бурдюгов, Е.В. Пальчиков, С.А. Волков // Вестник Мичуринского

государственного аграрного университета. – 2009. – № 2. – С. 29-31.

195. Кубарев, П.И. Принципы и правила селекции растений / П.И. Кубарев // Биологические резервы повышения урожайности зерновых колосовых культур: сб. науч. тр. Миронов. НИИ селекции и семеноводства пшеницы им. В.Н. Ремесло. – Мироновка, 1989. – С. 30-38.

196. Кубарев, П.И. Об эволюционном прогрессе в селекции растений / П.И. Кубарев // Селекция и семеноводство. – 1993. – № 3. – С. 16-20.

197. Кудин, С.М. Влияние протравителей на полевую всхожесть семян озимой пшеницы / С.М. Кудин, В.В. Кошеляев, И.П. Кошеляева // Энергосберегающие технологии в ландшафтном земледелии: Сборник материалов Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 65-летию кафедры "Общее земледелие и землеустройство" и Дню российской науки, Пенза, 09 февраля 2016 года. – Пенза: Пензенская ГСХА, 2016. – С. 168-171.

198. Кудряшов, И.Н. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов – потомков Безостой 1 по урожайности / И.Н. Кудряшов, Л.А. Беспалова, Ю.М. Пучков [и др.] / Безостая 1 – 50 лет триумфа: Сб. мат. межд. конф., посвящ. 50-летию создания сорта озимой мягкой пшеницы Безостая 1. – Краснодар, 2005. – С. 169-177.

199. Кудряшов И.Н. Использование показателя емкость ценоза при формировании уровня урожайности озимой пшеницы / И.Н. Кудряшов, А.В. Михалко, Д.С. Раков, С.В. Новикова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 4. – С. 30-32.

200. Кузнецов, В.В. Физиология растений / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2006. – 742 с.

201. Кумаков, В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы / В.А. Кумаков. – М.: Колос, 1985. – 270 с.

202. Куперман, Ф.М. Морфофизиология растений / Ф.М. Куперман. – М. Высшая школа, 1977. – 288 с.

203. Куперман, Ф.М. Вызревание озимых культур / Ф.М. Куперман, В.А. Моисейчик //Л.: Гидрометеиздат. – 1977. – 167 с.

204. Купцов, А.И., Введение в географию культурных растений / А.И. Купцов. – М.: Наука, 1975. – 296 с.
205. Курдюков, Ю.Ф. Оптимальные и предельные сроки посева озимых культур в Поволжье / Ю.Ф. Курдюков, Н.Г. Левицкая, Л.П. Лоцинина // Агро XXI. – 2008. – № 7–9. – С. 34-36.
206. Кшникаткин, С. А. Продукционный процесс агроценозов зерновых, кормовых и лекарственных культур при бинарной обработке семян и растений физиологически активными веществами / С.А. Кшникаткин, П.Г. Аленин, И.А. Воронова // Нива Поволжья. – 2015. – № 3 (36). – С. 71-78.
207. Кэксер, Г. Моделирование в биологии / Г. Кэксер. – М., 1963. – С.42-64.
208. Лазарев, В.И. Влияние сроков посева на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Курской области / В.И. Лазарев, М.Н. Котельникова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 5. – С. 52-55.
209. Лелли, Я. Селекция пшеницы: теория и практика / Я. Лелли. – М.: Колос, 1980. – 384 с.
210. Леонов, Олег Юрьевич. Теоретичні основи використання генетичних ресурсів пшениці м'якої в селекції: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.05 / О.Ю. Леонов. – Харків, 2012. – 55 с.
211. Лихочвор, В.В. Структура врожаю озимої пшениці: Монографія / В.В. Лихочвор. – Львів: НВФ Українські технології, 1999. – 200 с.
212. Лихочвор, В.В. Продуктивность и структура урожая озимой пшеницы / В.В. Лихочвор. – Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 15-19.
213. Литун, П.П. Пластичность генотипов в экологических опытах простой структуры / П.П. Литун, М.В. Шевченко, Г.М. Суббота // Селекция и семеноводство. – Киев: Урожай, 1982. – Вып. 50. – С. 11-15.
214. Лобашёв, М.Е. Физиологическая (паранекротическая) гипотеза мутационного процесса / М.Е. Лобашёв // Вестник Ленинградского университета. – 1947. – № 8. – С. 10-29.

215. Логинов, Ю.П. Многобиотипные сорта – резерв устойчивого производства зерна яровой пшеницы в Сибири / Ю.П. Логинов, А.А. Казак, А.А. Юдин // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 10. – С. 25-28.

216. Лоскутова, Н.П. Селекционная ценность генов короткостебельной пшеницы / Н.П. Лоскутова // Интродуцированный генофонд растений и селекция. – С. Петербург, 2005. – С. 361-377.

217. Лубнин, А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири / А.Н. Лубнин. Новосибирск, 2006. – 372 с.

218. Лукьяненко, П.П. Избранные труды / П.П. Лукьяненко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 428 с.

219. Лутова, Л.А. Современные аспекты генетики развития растений / Л.А. Лутова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4-2. – С. 1003-1016.

220. Лыкова, Н.А. Адаптивность злаков (*Poaсеae*) в связи с условиями пре-вегетации и вегетации / Н.А. Лыкова // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – Т. 43. – № 1. – С. 48-54.

221. Лыфенко, С.Ф. Полукарликовые сорта озимой пшеницы / С.Ф. Лыфенко. – Киев, 1987. – 192 с.

222. Лыфенко, С.Ф. Особенности сортов пшеницы мягкой озимой степного экотипа для выращивания в условиях Украины и Молдовы / С.Ф. Лыфенко, Н.Ю. Наконечный, Т.П. Нарган, Н.И. Ериняк / Научные достижения в селекции и инновационных технологий по зерновым культурам в связи с изменением климата. 4-5 сентября 2020 г., Кишинев. – Кишинев, 2020. – С. 176-186.

223. Ляпунова, О.А. Сорты и линии, пополнившие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000-2019 гг. / О.А. Ляпунова, А.С. Андреева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 1. – С. 7-16.

224. Малов, Ю.С. Гомеостаз - основное свойство живого организма / Ю.С. Малов // Медицина. XXI век. – 2007. – № 6. – С. 74-81.

225. Мальчиков, П.Н. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности

условий среды (годы, пункты) / П.Н. Мальчиков, В.С. Сидоренко, М.Г. Мясникова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2 (18). – С. 120-126.

226. Мальчиков, П.Н. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана / П.Н. Мальчиков, М.А. Розова, А.И. Моргунов [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – Т. 22. – №. 8. – С. 939-950.

227. Малыгина, Н.С. Зависимость урожайности и качества зерна озимой пшеницы от плодородия серых лесных почв на примере Орловского района / Н.С. Малыгина, И.Г. Паршутина // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 2. – С. 78-83.

228. Малюга, Н.Г. Влияние технологии возделывания на продуктивность озимой пшеницы / Н.Г. Малюга, Т.В. Логойда, А.В. Курепин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 99. – С. 786-802.

229. Мамонтова, В.Н. Селекция и семеноводство яровой пшеницы / В.Н. Мамонтова // Избранные труды. – М.: Колос, 1980. – 287 с.

230. Мартынов, С.П. Генетическое разнообразие районированных сортов пшеницы, созданных в различных регионах бывшего СССР / С.П. Мартынов, Т.В. Добротворская // Сельскохозяйственная биология. – 1998. – № 1. – С.44-50.

231. Мартынов, С.П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ AGROS, версия 2.09: Руководство пользователя / С.П. Мартынов. – Тверь, 1999. – 90 с.

232. Марченко, Д.М. Взаимосвязи между урожайностью и элементами ее структуры у сортов мягкой озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №. 68. – С. 309-320.

233. Масимгазиева, А.С. Характеристика корневой системы яровой интрогрессивной пшеницы и засухоустойчивость / А.С. Масимгазиева, А.И. Моргунов, А.И. Абугалиева // Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири. – Красноярск, 2019. – С. 53-56.

234. Маслова Г.Я. Корреляционный анализ урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / Г.Я. Маслова, М.Р. Абдряев, И.И. Шарапов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018^А. – Т.20. – № 2 (4). – С. 680-683.

235. Маслова, Г.Я. Селекция озимой пшеницы в Поволжском НИИСС / Г.Я. Маслова, М.Р. Абдряев, И.И. Шарапов [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018^Б. – Т. 20. – № 2-3(82). – С. 450-451.

236. Маслова, Г.Я. Адаптивность сортов озимой пшеницы в Среднем Поволжье / Г.Я. Маслова, М.Р. Абдряев, И.И. Шарапов, Ю.А. Шарапова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2019. – Т. 21. – № 6 (92). – С. 62-65.

237. Международный классификатор СЭВ рода *Triticum*. – Л.,1984. – 50 с.

238. Мейстер, Г.К. Проблема селекции озимой пшеницы / Г.К. Мейстер. – Саратов, 1928. – 15 с.

239. Мелехина, Т.С. Урожайность и адаптивность сортов озимой пшеницы в условиях юго-востока Западной Сибири / Т.С. Мелехина, Л.Г. Пинчук // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 6 (128). – С. 5-8.

240. Мелешкина, Е.П. Современные аспекты качества зерна пшеницы / Е.П. Мелешкина // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – №. 3. – С. 4-7.

241. Мелешкина, Е.П. Развитие товарной классификации зерна пшеницы / Е.П. Мелешкина // Контроль качества продукции. – 2017. - № 3. – С. 24-33.

242. Менибаев А.И. Наследование признака "число зёрен в колосе" у яровой мягкой пшеницы в зависимости от условий среды экологических пунктов программы "Экада" / А.И. Менибаев, П.Н. Мальчиков, А.А. Зуева [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 2-3(82). – С. 504-510.

243. Мережко, А.Ф. СИММУТ и методы его работы с зерновыми колосо-

выми культурами / А.Ф. Мережко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1975. – Т. 54. – № 1. – С. 56-68.

244. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. – М., 1985. – 270 с.

245. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М., 1989. – 194 с.

246. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. – 3-е изд., пераб. – Л.: ВИР, 1977. – 27 с.

247. Митрофанова, О.П. Мониторинг генетического разнообразия рода *Triticum* / О.П. Митрофанова // Идентифицированный генофонд растений и селекция / РАСХН, ГНЦ РФ ВИР. – Санкт-Петербург: ГНЦ РФ ВИР, 2005. – С. 219-240.

248. Митрофанова, О.П. Генетические ресурсы пшеницы в России: состояние и предселекционное изучение / О.П. Митрофанова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 10-20.

249. Митрофанова, О.П. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне / О.П. Митрофанова, А.Г. Хакимова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 4. – С. 545-554.

250. Молчан, И.М. Е.Н. Синская о проблеме сортовых популяций и методические вопросы селекции / И.М. Молчан. – Селекция и семеноводство. – 1990^А. – № 4. – С. 35-37.

251. Молчан, И.М. Системный подход в мутационной селекции на адаптивность / И.М. Молчан // Селекция и семеноводство. – 1990^Б. – № 1-2. – С. 12-14.

252. Молчан, И.М. Генетические особенности пластичного сорта и принципы адаптивной селекции / И.М. Молчан // Селекция и семеноводство. – 1993. – № 3. – С.11-15.

253. Молчан, И.М. Спорные вопросы в селекции растений / И.М. Молчан, Л.Г. Ильина, П.И. Кубарев // Селекция и семеноводство. – 1996. – № 1-2. – С.36-51.

254. Морозов Н.А. Влияние агроклиматических факторов и минерального питания на формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в условиях Восточного Предкавказья / Н.А. Морозов, Н.А. Ходжаева, А.И. Хрипунов, Е.Н. Обция // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14. – № 2 (69). – С. 42-50.

255. Мухордова, М.Е. Парные и множественные корреляции признаков продуктивности гибридов мягкой озимой пшеницы / М.Е. Мухордова, Л.П. Россеева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 5 (187). – С. 52-62.

256. Набоков, Г.Д. Селекция озимой мягкой пшеницы на морозостойкость и скороспелость: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Г.Д. Набоков. – Краснодар, 2000. – 25 с.

257. Набоков, Г.Д. Наследование продолжительности вегетационного периода у озимой мягкой пшеницы / Г.Д. Набоков // Пшеница и тритикале: Материалы научно-практической конференции "Зеленая революция П.П. Лукьяненко", Краснодар, 28-30 мая 2001 года. – Краснодар, 2001. – С. 480-488.

258. Наумкин, А.В. Оптимизация технологий возделывания полевых культур в условиях Центрально-Черноземного региона / А.В. Наумкин, А.М. Хлопяников, Г.В. Хлопяникова [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №. 7. – С. 31-33.

259. Некрасова, О.А. Модель сорта в селекции озимой пшеницы (обзор) / О.А. Некрасова, П.И. Костылев, Е.И. Некрасов // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 5 (53). – С. 29-32.

260. Немцев, Н.С. Система интенсивного земледелия и технологии производства продуктов растениеводства / Н.С. Немцев, Здор И.А., Морозов В.И., Карвецкий А.В. – Ульяновск: Ульяновский полиграфист, 1990. – 370 с.

261. Немцев, С.Н. Агрометеорологические условия развития и причины гибели озимых посевов в период активной фазы потепления / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4(48). – С. 35-43.

262. Немцев, С.Н. Оценка агрометеорологических показателей атмосферных засух и урожайности зерновых культур в изменяющихся условиях регионального климата / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 10-17.

263. Немцев, С.Н. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 3. – С. 10-14.

264. Неттевич, Э.Д. Урожай и качество зерна яровой пшеницы, выращенной в условиях Центрального региона России / Э.Д. Неттевич // Доклады РАСХН. – 1997. – № 4. – С.3-4.

265. Неттевич, Э.Д. Влияние условий возделывания и продолжительности на результаты оценки сорта по урожайности. /Э.Д. Неттевич // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – № 3. – С. 34-38.

266. Ничипорович, А.А. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1969. – 93 с.

267. Ничипорович, А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений и рациональные направления селекции на повышение продуктивности / А.А. Ничипорович // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур. – М.: Колос, 1975. – С. 5-13.

268. Носатовский, А.И. Пшеница: Биология / А.И. Носатовский. – М.: Колос, 1965. – 568 с.

269. Орлов, В.Н. Вредители зерновых колосовых культур / В.Н. Орлов. – М.: Печатный Город, 2006. – 104 с.

270. Отдел селекции Ульяновский НИИСХ. URL: <http://www.ulniish.ru/index.php/otdely/otdel-selektsii>

271. Охременко, А.В. Продолжительность вегетационного периода сортообразцов озимой мягкой пшеницы коллекции ВИР на чернозёме выщелоченном Центрального Предкавказья / А.В. Охременко // Вестник АПК Ставрополя. –

2015. – № 3 (19). – С. 171-175.

272. Павлов, А.Н. Качество клейковины пшеницы и факторы, его определяющие / А.Н. Павлов // Сельскохозяйственная биология. – 1992. – № 1. – С. 3-15.

273. Павлова, В.Н. Продуктивность зерновых культур в России при изменении агроклиматических ресурсов в 20-21 веках: дис. ... докт. географ. наук: 25.00.30 / В.Н. Павлова. – Москва 2021. – 271.

274. Пакудин, В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 109-113.

275. Палилова, А.Н. Нехромосомная наследственность / А.Н. Палилова. – Минск: Наука и техника, 1981. – 184 с.

276. Переведенцев, Ю.П. Климатические условия и ресурсы Ульяновской области / Ю.П. Переведенцев, Б.Г. Шерстюков, Р.Х. Салахова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та. – 2008. – 208 с.

277. Переведенцев, Ю.П. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Ю.П. Переведенцев, Р.Б. Шарипова, Н.А. Важнова // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2012. – № 2. – С. 120-126.

278. Переведенцев, Ю.П. Современные изменения климата и их последствия / Ю.П. Переведенцев // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: География. Геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 98-102.

279. Переведенцев, Ю.П. Климатические изменения в Приволжском федеральном округе в XIX-XXI веках / Ю.П. Переведенцев, Б.Г. Шерстюков, К.М. Шанталинский [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 6. – С. 36-46.

280. Першина, Л.А. Межвидовая несовместимость при отдаленной гибридизации растений и возможности ее преодоления / Л.А. Першина, Н.В. Трубацеева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 4. – С. 416-425.

281. Петрова, Н.Н. Системный подход к анализу структуры урожайности озимой пшеницы / Н.Н. Петрова, П.И. Кубарев // Вестник Белорусской государ-

ственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 80-84.

282. Плешаков, А.А. Изучение репродуктивного потенциала главного колоса, коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы, обладающих признаком "многоцветковость" / А.А. Плешаков, Л.В. Цаценко, Д.Л. Савиченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 162. – С. 410-420.

283. Плохинский, Н.А. Наследуемость / Н.А. Плохинский. – Новосибирск: Наука. – 1964. – 196 с.

284. Положихина, М.А. Продовольственная безопасность России в условиях изменения климата / М.А. Положихина // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1 (45). – С. 45-65.

285. Полушкин, П.В. Результаты селекции озимой пшеницы на Ершовской опытной станции / П.В. Полушкин, А.И. Пархоменко, О.Ю. Тарасенко // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2013. – № 1-2(8-9). – С. 57-60.

286. Пономарев, С.Н. Обоснование потенциальной урожайности озимой ржи по обеспеченности Республики Татарстан климатическими ресурсами / С.Н. Пономарев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 970.

287. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: метод. указания / Сост. А.Ф. Мережко [и др.]. – СПб., 1999. – 81 с.

288. Потанин, В.Г. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В.Г. Потанин, А.Ф. Алейников, П.И. Степочкин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 3. – С. 548-552.

289. Потокина, Е.К. Комбинация аллелей генов Rpd и Vrn определяет сроки колошения у сортов мягкой пшеницы / Е.К. Потокина, В.А. Кошкин, Е.А. Алексеева [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 77-86.

290. Потоцкая, И.В. Поиск генетических источников для улучшения качества зерна сортов пшеницы / И.В. Потоцкая, В.П. Шаманин, С.С. Шепелев [и др.]

// Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (41). – С. 45-53.

291. Потушанский, В.А. Озимая пшеница в лесостепи Поволжья / В.А. Потушанский, И.Ф. Тимергалиев, С.Н. Немцев. – Ульяновск, 2003. – 88 с.

292. Почвы Поволжья. – Пушино на Оке, 1974. – 67 с.

293. Прядкина, Г.А. Пигменты, эффективность фотосинтеза и продуктивность пшеницы / Г.А. Прядкина // Plant Varieties Studying and Protection. – 2018. – Т. 14. – № 1. – С. 97-108.

294. Прянишников, А.И. Качество зерна источник здоровья нации / А.И. Прянишников, Л.В. Андреева, Т.Б. Кулеватова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №. 11. – С. 16-17.

295. Прянишников, А.И. К биографии Георгия Карловича Мейстера (1873-1938 гг.) / А.И. Прянишников, А.С. Селиванов, В.М. Попов [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2013. – № 1-2 (8-9). – С. 4-7.

296. Прянишников, А.И. Научные основы адаптивного растениеводства Поволжья / А.И. Прянишников, И.В. Савченко, А.И. Шабаев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2 (18). – С. 60-66.

297. Прянишников, А.И. Научные основы адаптивной селекции в Поволжье / А.И. Прянишников. – М.: РАН, 2018. – 96 с.

298. Пыльнев, В.В. Закономерности эволюции озимой пшеницы в результате селекции: автореф. дис. ...докт. биол. наук: 06.01.05 / В.В. Пыльнев. – Москва, 1998. – 26 с.

299. Рабинович, С.В. Современные сорта пшеницы и их родословные / С.В. Рабинович. – Киев: Урожай, 1972. – 327 с.

300. Рабинович, С.В. Селекционный и генетический потенциал скороспелых сортов озимой пшеницы / С.В. Рабинович, Н.Н. Четвертакова // VI съезд украинского общества генетиков и селекционеров им. Н.И. Вавилова. Тезисы докладов, Полтава, 1992. – Т. 2. – К., 1992. – С. 28-29.

301. Радченко, Л.А. Уровень проявления генетического потенциала сорта в зависимости от условий выращивания / Л.А. Радченко, А.Ф. Радченко // Зерно-

вое хозяйство России. – 2016. – № 1. – С. 52-56.

302. Размахнин, Е.П. Получение высокоморозостойких форм пшенично-пырейных гибридов / Е.П. Размахнин, Т.М. Размахнина, В.Е. Козлов [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 240-249.

303. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с.

304. Рекомендации по учету гидрометеорологической информации при возделывании сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 70 с.

305. Ремесло, В.Н. Мироновские пшеницы (2-е изд., перераб. и доп.) / В.Н. Ремесло, М.А. Говорун, А.И. Суховецкий [и др.]. – М: Колос, 1976. – 335 с.

306. Репко, Н.В. Адаптивные свойства зерновых культур / Н.В. Репко, Д.А. Мальцева, К.В. Шепелев, Е.В. Черномаз // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 12 (29). – С. 749-753.

307. Ригин, Б.В. Некоторые вопросы генетики морозостойкости мягкой пшеницы / Б.В. Ригин, Э.А. Барашкова // Методы и приемы повышения зимостойкости озимых культур. – М.: Колос, 1975. – С. 119-124.

308. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 327 с.

309. Романенко, А.А. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы: коллективная монография / А.А. Романенко, Л.А. Беспалова, И.Н. Кудряшов, И.Б. Аблова. – Краснодар: Издательство "ЭДВИ", 2005. – 224 с.

310. Романенко, А.А. Принципы увеличения адаптивного потенциала озимой пшеницы / А.А. Романенко, Л.А. Беспалова, И.Н. Кудряшов // Селекция и семеноводство озимых культур – результаты, методы, проблемы и пути их решения. Ульяновск, 3-5 декабря 2007. – С.21-29.

311. Романенко, В.А. Изменения климата в России. Причины и последствия / В.А. Романенко // Молодой ученый. – 2019. – № 7 (245). – С. 1-5.

312. Россельхозцентр перечислил самые популярные сорта пшеницы в России. URL: <https://glavagronom.ru/news/Rosselhozcentr-perechislil-samyepopulyarnye-sorta-pshenicy-v-Rossii>

313. Рыбась, И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) / И.А. Рыбась // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С.617-626.

314. Рыбась, И.А. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы / И.А. Рыбась, Д.М. Марченко, Е.И. Некрасов [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 4 (58). – С. 51-54.

315. Рындин, А.Ю. Физические методы определения качества зерна: анализ источников / А.Ю. Рындин // Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 12 (31). – С. 72-82.

316. Румянцев, А.В. Результаты многолетней селекции зерновых и кормовых культур Поволжского НИИСС / А.В. Румянцев, В.В. Глуховцев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 10-13.

317. Русанов, И.А. Селекционная оценка озимой пшеницы методом ранговой корреляции / И.А. Русанов, А.Г. Буховец, Т.Г. Ващенко [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4 (27). – С. 15-20.

318. Рутц, Р.И. Использование мутантов озимой пшеницы для создания сортов озимой и яровой пшеницы / Р.И. Рутц // Научные основы и практические результаты селекции яровой мягкой пшеницы и озимых мятликовых культур в Западной Сибири: Собрание научных трудов. – Новосибирск, 2005. – С. 400-404.

319. Салина, Е.А. Технологии геномного моделирования и редактирования для решения задач селекции растений / Е.А. Салина // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 9. – С. 9-14.

320. Сандухадзе, Б.И. Ретроспективный анализ результатов селекции по созданию сортов озимой пшеницы в центре Нечерноземья на протяжении XX столетия / Б.И. Сандухадзе // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2006. – № 2-3. – С. 12-16.

321. Сандухадзе, Б.И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья / Б.И. Сандухадзе // Достижения науки и техники АПК. – 2016^А. – Т. 30. – № 9. – С. 15-18.

322. Сандухадзе, Б.И. Селекция озимой пшеницы на продуктивность и ка-

чество сортов / Б.И. Сандухадзе, М.И. Рыбакова, А.В. Осипова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016^Б. – № 2 (18). – С. 14-19.

323. Сандухадзе, Б.И. История научной селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья России: условия, особенности, методы и результаты / Б.И. Сандухадзе, Р.З. Мамедов, В.В. Бугрова [и др.] // Современные проблемы адаптации (Жученковские чтения IV): Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Белгород, 24-26 сентября 2018 год. – Белгород: ИД "Белгород", 2018. – С. 106-121.

324. Сандухадзе, Б.И. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне России: история, методы и результаты / Б.И. Сандухадзе, Р.З. Мамедов, М.С. Крахмалёва [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021^А. – Т. 25. – № 4. – С. 367-373.

325. Сандухадзе, Б.И. Оценка параметров экологической адаптивности сортов озимой пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземья / Б.И. Сандухадзе, М.С. Крахмалева, Р.З. Мамедов, В.В. Бугрова // Аграрная Россия. – 2021^Б. – № 6. – С. 8-11.

326. Сапега, В.А. Взаимодействие генотип-среда и параметры экологической пластичности сортов / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова // Зерновые культуры. – 1999. – № 1. – С. 25-30.

327. Сапега, В.А. Оценка взаимодействия генотип-среда и гомеостатичность сортов ячменя / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова // Известия ТСХА. – 2013. – Вып.6. – С. 82-93.

328. Сацюк, И.В. Результаты изучения показателей качества зерна, муки и их сопряженной изменчивости при разных условиях возделывания озимой пшеницы / И.В. Сацюк, С.И. Гордей, А.Н. Лученок [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2019. – № 55. – С. 126-132.

329. Селянинов, Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г.Т. Селянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928. – Вып. 20. – С. 165-177.

330. Симоненко, Е.И. Влияние климатических факторов на урожайность

озимой пшеницы / Е.И. Симоненко // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 7-1. – С. 199-202.

331. Синская, Е.Н. Проблема популяций у высших растений / Е.Н. Синская // Успехи современной биологии. – 1939. – Т. 10. – Вып. 3. – С. 446-470.

332. Скатова, С.Е. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Поэма / С.Е. Скатова, В.В. Васильев // Владимирский земледелец. – 2010. – № 4. – С. 18-20.

333. Скатова, С.Е. Некоторые аспекты совершенствования селекции озимой пшеницы в Верхневолжье / С.Е. Скатова, А.Г. Лачин // Владимирский земледелец. – 2019. – № 4 (90). – С. 59-66.

334. Скрипка, О.В. Урожайность и основные элементы продуктивности у сортов озимой пшеницы интенсивного типа селекции ВНИИЗК / О.В. Скрипка, А.П. Самофалов, С.В. Подгорный [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 9. – С. 30-32.

335. СНиП 23-01-99. Суммарная солнечная радиация. URL: <http://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/Climate/SNIP230199BuildingClimatology/SNIP230199BuildingClimatologyTable4/>

336. Созинов, А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции / А.А. Созинов. – М.: Наука, 1990. – 229 с.

337. Соколенко, Н.И. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и важнейшие адаптивные признаки / Н.И. Соколенко, Н.М. Комаров // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 9. – С. 26-29.

338. Соколенко, Н.И. Источники хозяйственно-биологических признаков в селекции озимой мягкой пшеницы / Н.И. Соколенко, Н.М. Комаров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – С. 42-47.

339. Солбриг, О. Популяционная биология и эволюция / О. Солбриг, Д. Солбриг. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

340. Стасик, О.О. Фотосинтез и проблемы повышения продуктивности растений / О.О. Стасик, Д.А. Киризий, Г.А. Прядкина // Физиология растений и

генетика. – 2013. – №. 45, – № 6. – С. 501-516.

341. Стельмах, А.Ф. Изучение роли генетических систем Vrn и Rpd у мягкой пшеницы / А.Ф. Стельмах, В.И. Авсенин, В.А. Кучеров, А.И. Воронин // Вопросы генетики и селекции зерновых культур. КОЦ СЭВ. – Одесса (СССР), НИИР Прага-Рузыне (ЧССР), 1987. – Вып. 3. – С. 125-132.

342. Степочкин, П.И. Использование отдалённой гибридизации для создания селекционного материала озимой пшеницы / П.И. Степочкин, В.И. Пономаренко, Л.А. Першина [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 6. – С. 37-38.

343. Струнников, В.А. Природа и проблемы гетерозиса / В.А. Струнников // Природа. – 1987. – № 5. – С. 64-76.

344. Сурин, Н.А. Селекция ячменя в Сибири / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова. – Новосибирск: Изд-ва СО РАН. – 1993. – С. 20-21.

345. Суханбердина, Л.Х. Элементы оптимальной технологии возделывания сортов озимой тритикале в условиях сухих степей Казахстана / Л.Х. Суханбердина, Д.К. Тулегенова, А.Ж. Турбаев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (84). – С. 53-57.

346. Сухоруков, А.Ф. Методы и результаты селекции озимой мягкой пшеницы на зимостойкость и продуктивность / А.Ф. Сухоруков // Генетика, селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур. – Самара, 2003. – С. 4-27.

347. Сухоруков, А.Ф. Сорта озимой пшеницы Самарского НИИСХ / А.Ф. Сухоруков // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 3. – С. 26-28.

348. Сухоруков, А.Ф. Методы и результаты селекции пшеницы мягкой озимой на продуктивность / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015^А. – Т. 17. – № 4 (3). – С. 479-484.

349. Сухоруков, А.Ф. Селекционная ценность образцов пшеницы мягкой озимой CIMMYT и ICARDA в Среднем Поволжье / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков, А.И. Моргунов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015^В. – № 4. – С. 23-26.

350. Сухоруков, А.Ф. Селекция озимой пшеницы на засухоустойчивость в Среднем Поволжье / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков // Аграрная наука. – 2017. – № 5. – С. 15-18.

351. Сухоруков, А.Ф. Селекция озимой пшеницы в Среднем Поволжье / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков, Е.Н. Шаболкина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018^А. – Т. 20. – № 2-3 (82). – С. 627-631.

352. Сухоруков, А.Ф. Стратегия селекции озимой пшеницы в условиях вариабельности агрометеорологических условий вегетации / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018^В. – Т. 20. – № 2-2 (82). – С. 239-244.

353. Сюков, В.В. Модель селекционного процесса яровой мягкой пшеницы применительно к условиям Средневолжского региона / В.В. Сюков, А.А. Вьюшков, С.Н. Шевченко // Достижения науки и техники АПК. – М., 2006. – 106 с.

354. Сюков, В.В. Метод оценки гомеоадаптивности в системе экологической селекции яровой мягкой пшеницы: Методические рекомендации / В.В. Сюков, В.Г. Захаров, В.Г. Кривобочек [и др.]. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2008^А. – 18 с.

355. Сюков, В.В. Программа "Экада": опыт организации экологической селекции / В.В. Сюков // Актуальные направления развития сельскохозяйственного производства в современных тенденциях аграрной науки: Сборник научных материалов Международной научно-практической конференции. – Уральск, 2008^В. – С. 87-92.

356. Сюков, В.В. Вклад генотипо-средовых эффектов в формирование количественных признаков у инбредных и аутбредных растений / В.В. Сюков, Е.В. Мадыкин, Д.В. Кочетков // Вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14. – № 1. – С. 141-147.

357. Сюков, В.В. Создание системы сортов пшеницы в разрезе агроэкологического районирования Самарской области / В.В. Сюков, С.Н. Шевченко, Е.В. Мадыкин [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015^А. – Т. 17. – № 4-3. – С. 467-472.

358. Сюков, В.В. Экологическая селекция растений: типы и практика (обзор) / В.В. Сюков, А.И. Менибаев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015^Б. – Т. 17. – № 4 (3). – С. 463-466.

359. Таранова, Т.Ю. Оценка коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы на короткостебельность и устойчивость к полеганию / Т.Ю. Таранова, А.И. Кинчаров, Е.А. Демина, О.С. Муллаянова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 4. – С. 48-53.

360. Тетерятченко, К.Г. Анатомический метод оценки исходного материала мягкой озимой пшеницы на продуктивность, морозостойкость и устойчивость к полеганию / К.Г. Тетерятченко // Науч.-техн. бюл. ВИР им. Н.И. Вавилова. – 1984. – Т. 146. – С. 28-32.

361. Тимирязев, К.А. Жизнь растения / К.А. Тимирязев. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 334 с.

362. Тихомиров, В.Т. Современные проблемы адаптивной селекции самоопыляющихся зерновых культур / В.Т. Тихомиров // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 1. – С. 37-40.

363. Тищенко, В.Н. Генотипические и экологические корреляции высоты растения с другими признаками и индексами у гибридов, сортов и линий озимой пшеницы / В.Н. Тищенко, Н.М. Чекалин // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – Полтава, 2003. – № 3-4. – С. 4-7.

364. Тищенко, В.Н. Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы / В.Н. Тищенко, Н.М. Чекалин. – Полтава, 2005. – 243 с.

365. Тойгильдин, А.Л. Абиотические факторы и устойчивость урожайности озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья / А.Л. Тойгильдин, В.И. Морозов, М.И. Подсевалов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №1 (29). – С. 29-35.

366. Тойгильдин, А.Л. Научно-практическое обоснование биологизации земледелия лесостепной зоны Поволжья / А.Л. Тойгильдин, В.И. Морозов, М.И. Подсевалов [и др.]. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2020. – 386 с.

367. Трошкин, Д.Е. Определение стекловидности пшеницы методом технического зрения в ближнем ИК-диапазоне длин волн / Д.Е. Трошкин, Е.В. Горбунова, А.Н. Чертов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – Т. 63. – № 7. – С. 666-672.

368. Туманов, И.И. Методы определения морозостойкости растений / И.И. Туманов. – М.: Наука, 1967. – 88 с.

369. Туманов, И.И. Зимостойкость культурных растений / И.И. Туманов. – М.: Сельхозгиз, 1970. – 365 с.

370. Тупицын, Н.В. Некоторые проблемные аспекты в селекции пшеницы / Н.В. Тупицын // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1990. – № 3. – С. 6-11.

371. Тупицын, Н.В. Некоторые аспекты сортовой стратегии на примере Средневолжского региона России / Н.В. Тупицын // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – № 1. – С. 95-97.

372. Тупицын, Н.В. Селекция озимой пшеницы на зимостойкость в Ульяновской области / Н.В. Тупицын, О.Г. Зейнетдинова, С.В. Валяйкин [и др.] // Зерновые культуры. – 2001. – № 1. – С. 25-27.

373. Тупицын, Н.В. Сроки сева озимой пшеницы / Н.В. Тупицын, С.В. Валяйкин, А.В. Жирнов // Земледелие. – 2004. – № 4. – С. 20.

374. Тупицын, Н.В. Сорты озимой пшеницы Волжская К и Волжская-100 / Н.В. Тупицын, С.В. Валяйкин, В.Н. Тупицын, М.В. Валяйкина // Аграрная наука. – 2005. – № 5. – С. 16.

375. Тупицын, Н.В. К природе короткостебельности пшеницы / Н.В. Тупицын // Избранные труды. – Ульяновск, 2007. – С.63-64.

376. Тупицын, Н.В. Послепосевное прикатывание озимых хлебов / Н.В. Тупицын, С.В. Валяйкин // Земледелие. – 2010. – № 7. – С. 33-35.

377. Тупицын, Н.В. Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственный центр "Селекция" / Н.В. Тупицын, С.В. Валяйкин // Селекция и семеноводство озимых хлебов - результаты, методы, проблемы и пути их решения: Материалы Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 03-05 декабря 2007 года. – Ульяновск: Ульяновская государственная сель-

скохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2007. – С. 113-116.

378. Тупицын, Н.В. О морозоустойчивости озимых зерновых культур / Н.В. Тупицын, В.Н. Тупицын // Вестник РАСХН. – 2012. – № 2. – С. 53-56.

379. Тупицын, Н.В. Волжские сорта озимой пшеницы и ячменя / Н.В. Тупицын, В.Н. Тупицын // Аграрная наука. – 2012. – № 7. – С. 18-19.

380. Тупицын, Н.В. Волжские сорта озимых пшеницы и ячменя / Н.В. Тупицын, В.Н. Тупицын // Земледелие. – 2013. – № 1. – С. 47-48.

381. Тупицын, Н.В. Научно-производственный центр «Селекция»/ Н.В. Тупицын. – Ульяновск, 2014. – 34 с.

382. Турусов, В.И. Новые подходы к оценке биоклиматического потенциала при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, М.И. Сальников [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 12. – С. 12-15.

383. Удовенко, Г.В. Физиологические аспекты селекции на засухоустойчивость и зимостойкость / Г.В. Удовенко, Н.Н. Кожушко, В.В. Виноградова // Селекция и семеноводство. – 1983. – № 2. – С.7-10.

384. Ульяновскстат (Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ульяновской области). URL: <https://uln.gks.ru/>

385. Уліч, Л.І. Вплив висоти рослин сортів пшениці озимої на стійкість до вилягання і продуктивність посівів / Л.І. Уліч, О.Л. Уліч // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – К., 2006. – № 4. – С. 55-64.

386. Уоддингтон, К. Морфогенез и генетика / К. Уоддингтон. – М. 1964. – 305 с.

387. Уоддингтон, К. Основные биологические концепции / К. Уоддингтон // На пути к теоретической биологии. – М., 1970. – С. 11-38.

388. Ушачев, И.Г. Экономический механизм реализации новой Госпрограммы развития агропромышленного комплекса России: основные новации, риски, их предупреждение / И.Г. Ушачев // АПК: регионы России. – 2012. – № 10. – С. 9-12.

389. Фадеева, И.Д. Оценка адаптивных свойств сортов озимой мягкой

пшеницы Татарского НИИСХ / И.Д. Фадеева, М.Ш. Тагиров, И.Н. Газизов // Достижения науки и техники АПК. – 2018^А. – Т. 32. – № 6. – С. 46-48.

390. Фадеева, И.Д. Результаты селекции озимой пшеницы на качество зерна в Татарском НИИСХ / И.Д. Фадеева, М.Ш. Тагиров, И.Н. Газизов // Зерновое хозяйство России. – 2018^Б. – № 2 (56). – С. 34-38.

391. Файт, В.И. К изучению генетики скороспелости *per se* у озимой мягкой пшеницы / В.И. Файт // Вісник Запорізького державного університету. – 2001. – № 1. – С.213-218.

392. Файт, В.И. Генетический контроль продолжительности яровизации сортов озимой пшеницы / В.И. Файт // Экологическая генетика. – 2006. – Т. IV. – № 2. – С.29-36.

393. Федеральной службы государственной статистики. Информационно-аналитические материалы. Посевные площади Российской Федерации. URL <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>

394. Федеральная таможенная служба. URL: <https://customs.gov.ru/folder/502>

395. Федин, М.А. Статистические методы генетического анализа / М.А. Федин, Д.Я. Силис, А.В. Смиряев. – М.: Колос, 1980. – 207 с.

396. Филиппенко, И.М. Гипотеза о природе и особенностях наследования признака морозоустойчивости растений / И.М. Филиппенко // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 3. – С. 121-127.

397. Фисенко, А.В. Отдаленная гибридизация в селекции озимой пшеницы на зимостойкость / А.В. Фисенко, Н.П. Кузьмина // Аграрная Россия. – 2020. – № 5. – С. 3-8.

398. Фоменко, М.А. Новое поколение сортов озимой мягкой пшеницы селекции Донского ЗНИИСХ / М.А. Фоменко, А.И. Грабовец // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4 (20). – С. 85-90.

399. Фоменко, М.А. Агробиологические свойства новых сортов озимой мягкой пшеницы былина Дона и Акапелла / М.А. Фоменко, А.И. Грабовец, Т.А. Олейникова [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного уни-

верситета. – 2019^А. – № 3 (77). – С. 60-64.

400. Фоменко, М.А. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области / М.А. Фоменко, А.И. Грабовец, Т.А. Олейникова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019^Б. – №. 4 (32). – С. 105-111.

401. Хангильдин, В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / В.В. Хангильдин // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М., 1978. – С. 111-116.

402. Хангильдин, В.В. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшеницы / В.В. Хангильдин, И.Ф. Шаяхметов, А.Г. Мардамшин // Генетический анализ количественных признаков растений: сб. ст. – Уфа, 1979. – С. 5-39.

403. Хангильдин, В.В. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы / В.В. Хангильдин, Н.А. Литвиненко // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. – 1981. – № 1. (39). – С. 8-14.

404. Хангильдин, В.В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытании колосовых культур / В.В. Хангильдин // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. – 1986. – № 2 (60). – С. 36-41.

405. Хлесткина, Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е.К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4 (2). – С. 1044-1054.

406. Хлесткина, Е.К. Гены биосинтеза флавоноидов пшеницы / Е.К. Хлесткина, О.Ю. Шоева, Е.И. Гордеева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 4-1. – С. 784-796.

407. Хесин, Р.Б. Непостоянство генома / Р.Б. Хесин. – М.: Наука, 1984. – 472 с.

408. Хотылева, Л.В. Взаимодействие генотипа и среды: (Методы оценки) / Л.В. Хотылева, Л.А. Тарутина. - Минск: Наука и техника, 1982. – 111 с.

409. Хотылева, Л.В. Теоретические аспекты гетерозиса / Л.В. Хотылева, А.В. Кильчевский, М.Н. Шаптуренко // Вавиловский журнал генетики и селек-

ции. – 2016. – Т. 20. – № 4. – С. 482-492.

410. Храмцова, Е.В. Преобразование внутренней структуры и функциональной активности фотосинтетического аппарата листа у видов рода *Triticum* L. в процессе эволюции: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / Е.В. Храмцова. – Казань, 2004. – 23 с.

411. Чекуров, В.М. Низкий метаболизм и высокая морозостойкость – важные компоненты выживаемости озимой пшеницы в Сибири / В.М. Чекуров, В.Е. Козлов // Материалы 1-й Центрально Азиатской конференции по пшенице, г. Алматы, 10-13 июня 2003 г. – Алматы: СИММУТ, 2003. – С. 222.

412. Четвертакова, Н.Н. Современные сорта озимой мягкой пшеницы европейских стран как исходный материал для селекции в условиях лесостепи Украины: дис ... канд. с. х. наук: 06.01.05 / Н.Н. Четвертакова. – Харьков, 1995. – 190 с.

413. Чирко, Е.М. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов проса (*Panicum miliaceum*) в условиях юго-западного региона республики / Е.М. Чирко // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2009. – № 3. – С. 49-54.

414. Шавруков, Ю.Н. Современная селекция растений в Австралии / Ю.Н. Шавруков // Информационный вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9. – № 3. – С. 436-439.

415. Шарипова, Разида Бариевна. Современные изменения климата и агроклиматических ресурсов на территории Ульяновской области: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.30 / Р.Б. Шарипова. – Казань, 2012. – 24 с.

416. Шарипова, Р.Б. Тенденции изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Р.Б. Шарипова. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2020. – 137 с.

417. Шашко, Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Д.И. Шашко // Земледелие. – 1985. – С. 19-26.

418. Шевелуха, В.С. О состоянии и перспективах развития сельскохозяй-

ственных биотехнологий / В.С. Шевелуха // Известия международной академии аграрного образования. – 2009. – № 8. – С.4-8.

419. Шелоухова, Н.А. Влияние экологической разнокачественности семян на результаты эколого-физиологического эксперимента / Н.А. Шелоухова // Доклады Башкирского университета. – 2018. – Т. 3. – № 6. – С. 631-637.

420. Шмальгаузен, И.И. Кибернетические вопросы биологии / Под общ. ред. Р.Л. Берг и А.А. Ляпунова. – Новосибирск, Наука, сиб. отделение. – 1968. – 224 с.

421. Шнипова, А.А. Аналитическое исследование. Рынок зерна в России: крупнейшие производители зерновых культур / А.А. Шнипова, А. Пашкевич. – М.: «Деловой профиль», 2021. – 17 с.

422. Штурм, Г. Всё о фазах вегетации зерновых культур / Г. Штурм, Ф.А. Беккер // Рекомендации по применению препаратов BASF для защиты зерновых культур. – 2013. – № 12. – 51 с.

423. Шульгин, И.А. Лучистая энергия и энергетический баланс растений: фитометеорол. и эколого-физиол. аспекты / И.А. Шульгин. – Москва, 2004. – 142 с.

424. Шульгин, И.А. Солнечная радиация в оценках максимальной урожайности яровых культур / И.А. Шульгин, Р.М. Вильфанд, А.И. Страшная [и др.] // Биосфера. – 2015. – Т. 7. – № 4. – С. 371-383.

425. Шумный, В.К. Улучшение пшеницы – актуальная задача генетиков и селекционеров / В.К. Шумный, Е.А. Салина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 16. – № 1. – С. 8.

426. Щипак, Г.В. Многолинейные сорта озимой твёрдой пшеницы / Г.В. Щипак, Ю.В. Цупко, В.Г. Щипак // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2013. – Вип. 15. – С. 136-147.

427. Эйгес, Н.С. Историческая роль Иосифа Абрамовича Рапопорта в генетике. Продолжение исследований с использованием метода химического мутагенеза / Н.С. Эйгес // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 1. – С. 162-172.

428. Эйгес, Н.С. Пшеница в средней полосе России. Некоторые аспекты

истории ее становления / Н.С. Эйгес, Г.А. Волченко, Е.Н. Александров [и др.] // История и педагогика естествознания. – 2016. – № 4. – С. 73-79.

429. Экспертно-аналитический центр агробизнеса. Посевные площади, валовые сборы и урожайность пшеницы в России. Итоги 2018 года. URL: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-pshenicy-v-rossii-itogi-2018-goda>

430. Экспертно-аналитический центр агробизнеса. Посевные площади и сборы основных сельскохозяйственных культур. Итоги за 2020 год. URL: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-i-sbory-osnovnyh-selskohozyaystvennyh-kultur-itogi-za-2020-god>

431. Юсов, В.С. Исходный материал в селекции яровой твердой пшеницы для условий Западной Сибири / В.С. Юсов, М.Н. Кирьякова, М.Г. Евдокимов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – №. 2. – С. 82-90.

432. Agoston, T. Effects of genetic and ecological factors on yield formation in winter wheat production / T. Agoston, P. Pepó // Cereal Research Communications. – 2005. – Т. 33. – №. 1. – С. 37-40.

433. Allard R.W. Principles of plant breeding. – Wiley, New York. 1960. – 465 p.

434. Allard, R.W. Implication of genotype–environmental interaction in applied plant breeding / R.W. Allard, A.D. Bradshaw // Crop Science. – 1964. – Vol.5. – P. 503-506.

435. Allard, R.W. Some parameters of population variability and their implications in plant breeding / R.W. Allard, P.E. Hansche // Advances in Agronomy. – 1964. – Vol. 16. – P. 281-325.

436. Alqudah, A.M. Genome-wide and SNP network analyses reveal genetic control of spikelet sterility and yield-related traits in wheat / A.M. Alqudah, J.K. Haile, D.Z. Alomari, C.J. Pozniak // Scientific reports. – 2020. – Vol. 10. – №. 1. – P. 1-12.

437. Annicchiarico, P. Genotype x environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations / P. Annicchiarico. – Food & Agriculture Org., 2002. – №. 174. – 120 p.

438. Araus, J.L. Breeding for yield potential and stress / J.L. Araus, G.A. Slafer, C. Royo [et al.] // *Critical reviews in plant science*. – 2008. – Vol. 27. – P. 377-412.

439. Aryal, J.P. Climate change and agriculture in South Asia: Adaptation options in smallholder production systems // J.P. Aryal, T.B. Sapkota, R. Khurana [et al.] // *Environment, Development and Sustainability*. – 2020. – V. 22. – №. 6. – P. 5045-5075.

440. Arzani, A. Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): A potential source of health-beneficial food products / A. Arzani, M. Ashraf // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2017. – V. 16. – №. 3. – P. 477-488.

441. Bacha, T. Genotype x environment interaction and yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotype in Ethiopia using the ammi analysis / T. Bacha, S. Alemerew, Z. Tadesse // *Journal of biology, agriculture and healthcare*. – 2015. – B. 5. – №. 11. – P. 129-140.

442. Bedford, D. FAO. 2019 Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets / D. Bedford, E. Collier, J. Claro [et al.]. – Rom, May 2019. – 164 p.

443. Berry, P.M. Spink Identification of genetic markers for lodging resistance in wheat / P.M. Berry, S.T. Berry, J.H. Spink. – HGCA, 2008. – P. 0-14.

444. Blum, A. Plant breeding for stress environments / A. Blum. – CRC press, 2018. – 231 p.

445. Borlaug, N. Feeding a hungry world // *Science*. – 2007. – B. 318. – №. 5849. – P. 359-359.

446. Börner, A. Pleiotropic effects of genes for reduced height (Rht) and day-length insensitivity (Ppd) on yield and its components for wheat grown in middle Europe / A. Börner, A.J. Worland, J. Plaschke // *Plant Breeding*. – 1993. – B. 111. – №. 3. – P. 204-216.

447. Bornhofen, E. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes / E. Bornhofen, G. Benin, L. Storck [et al.] // *Bragantia*. – 2017. – B. 76. – P. 1-10.

448. Borojevic, S. Principi i metodi oplemenjivanja bilja / S. Borojevic. – Novi Sad, 1981. – P. 162.

449. Botezan, V. Vegetation period, as objective of wheat crop breeding at SCA Turda / V. Botezan, V. Moldovan, M. Moldovan // Probleme de genetica teoretica si aplicata (Romania). – 1986. – Vol. 18. – P.193-214.
450. Brisson, N. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France / N. Brisson, P. Gate, D. Gouache //Field crops research. – 2010. – V. 119. – №. 1. – P. 201-212.
451. Brunel, N. Conservation tillage and water availability for wheat in the dry-land of central Chile / N. Brunel, O. Seguel, E. Acevedo // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. – 2013. – № 13 (3). – P. 622-637.
452. Cannon W.B. The Wisdom of the Body / W.B. Cannon. – N.Y.: Norton, 1932. – 294 p.
453. Ceglar, A. Global loss of climatically suitable areas for durum wheat growth in the future / A. Ceglar, A. Toreti, M. Zampieri // Environmental Research Letters. – 2021. – V. 16. – №. 10. – P.104049.
454. Charmet, G. Implementation of genome-wide selection in wheat / G. Charmet, E. Storlie // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – В. 16. – P. 61-68.
455. Chen, H. Genetic variation for flowering time and height reducing genes and important traits in western Canadian spring wheat / H. Chen, N.P. Moakhar, M. Iqbal [et al.] //Euphytica. – 2016. – В. 208. – №. 2. – P. 377-390.
456. Chen, Y. Genetic regulation of developmental phases in winter wheat / Y. Chen, B.F. Carver, S. Wang // Molecular Breeding. – 2010. – В. 26. – №. 4. – P. 573-582.
457. Cheng, M. Genetic transformation of wheat mediated by *Agrobacterium tumefaciens* / M. Cheng, J.E. Fry, S. Pang et al. // Plant Physiol. – 1997. – V. 115. – P. 971-980.
458. Connolly, V. Heredily / V. Connolly, J.L. Jinks. – 1975. –Vol. 35. – P 249-259.
459. Debat, V. Mapping phenotypes: canalization, plasticity and developmental stability / V. Debat, P. David //Trends in ecology & evolution. – 2001. – В. 16. – №.

10. – P. 555-561.

460. Delcour, J.A. Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products / J.A. Delcour, I.J. Joye, B. Pareyt [et al.] // Annual review of food science and technology. – 2012. – B. 3. – P. 469-492.

461. Didier, A. The PGR networks in France: collaboration of users and the genetic resource centre on small grain cereals / A. Didier, L. Bardy, E. Boulat [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2012. – Vol. 16. – No 1. – P. 52-60.

462. Donald, C.M. The breeding of crop ideotypes / C.M. Donald // Euphytica. – 1968. – B. 17. – №. 3. – P. 385-403.

463. Doornkamp, T. Water footprint – Assessing efficiency of wheat production in New Zealand / T. Doornkamp. – Palmerston North (NZ), 2015. – 52 p.

464. Dubcovsky, J. Marker-assisted selection in public breeding programs: the wheat experience // Crop Sci. – 2004. – V. 44. – P. 1895-1898.

465. Duggan, B.L. Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies / B.L. Duggan, D.B. Fowler // Crop science. – 2006. – B. 46. – №. 4. – P. 1479-1487.

466. Durant, A. Heredily // A. Durant. – 1962. – Vol. 47. – P. 27-61.

467. Duvick, D.N. Plant breeding: past achievements and expectations for the future / D.N. Duvick // Economic botany. – 1984. – Vol. 40 (3). – P. 289-297.

468. Eberhart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop Sci. – 1966. – Vol. 6. – № 1. – P. 36-40.

469. FAO Сельскохозяйственные культуры. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

470. Fayzullayev, A.Z. Selection of high-yielding and high-quality lines of bread wheat // A.Z. Fayzullayev, N.B. Boysunov, N.Sh. Kayumov // International scientific and technical Journal “Innovation technical and technology”. – 2020. – B. 1. – № 3. – P. 10-14.

471. Firouzian, A. Genetic variability and inheritance of grain yield and its components in wheat / A. Firouzian, A.S. Khan, Z. Ali // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 2003. – B. 40. – P. 176-179.

472. Fisher, R.A. Statistical Methods for Research Workers / R.A. Fisher. – Edinburg: Oliver and Boyd, 1925. – P. 145.

473. Fischer, R.A. Lodging effects on high-yielding crops of irrigated semidwarf wheat / R.A. Fischer, M. Stapper // Field Crops Research. – 1987. – B. 17. – №. 3-4. – P. 245-258.

474. Foltyn, J. Determination of the quantitative characteristics of wheat and barley ideotype for Central Europe / J. Foltyn // Sci.agribohemos. – 1977. – Vol. 9. – № 1. – P. 13-19.

475. Freeman, G.H. Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions / G.H. Freeman // Heredity. – 1973. – B. 31. – №. 3. – P. 339-354.

476. Fu, B.X. Kernel vitreousness and protein content: Relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality / B.X. Fu, W. Kun, B. Dupuis [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2018. – Vol. 79. – P. 210-217.

477. Goncharov, N.P. Genus *Triticum* L. taxonomy: the present and the future / N.P. Goncharov // Plant Systematics and Evolution. – 2011. – V. 295. – №. 1. – P. 1-11.

478. Gorash, A. The relationship among freezing tolerance, vernalization requirement, Ppd alleles and winter hardiness in European wheat cultivars / A. Gorash R. Armonienė, Ž. Liatukas, G. Brazauskas // The Journal of Agricultural Science. – 2017. – B. 155. – №. 9. – P. 1353-1370.

479. Gott, M.B. Studies in Vernalisation of Cereals: XIII. Photoperiodic Control of Stages in Flowering between Initiation and Ear Formation in Vernalised and Unvernalised Petkus Winter Rye / M.B. Gott, F.G. Gregory, O.N. Purvis // Annals of Botany. – 1955. – V. 19. – №. 1. – P. 87-126.

480. Grabovets, A.I. Coadaptation role in wheat breeding for adaptability and productivity under conditions of climate fluctuation amplification / A.I. Grabovets, M.A. Fomenko // Russian agricultural sciences. – 2017. – V. 43. – №. 5. – P. 368-370.

481. Gupta, P.K. Genetics of yield, abiotic stress tolerance and biofortification in wheat (*Triticum aestivum* L.) / P.K. Gupta, H.S. Balyan, S. Sharma, R. Kumar // Theoretical and Applied Genetics. – 2020. – V. 133. – № 5. – P. 1569-1602.

482. Harlan, J.R. Crops and Man. 2nd ed. Madison. / J.R. Harlan. – Wisconsin: Amer. Soc. Agronomy, CSSA, 1992. – 284 p.

483. Hickey, L.T. Speed breeding: a powerful tool to accelerate wheat research and breeding / L.T. Hickey, A. Watson, S. Ghosh [et al.] // VII International Congress and Associate Symposiums of Vavilov Society of Geneticists and Breeders on the 100th Anniversary of The Department of Genetics of Saint Petersburg State University: Сборник тезисов Международного Конгресса, Санкт-Петербург, 18–22 июня 2019 года. – Санкт-Петербург: ООО "Издательство BBM", 2019. – P. 453.

484. Islam, S. Wheat gluten protein and its impacts on wheat processing quality / S. Islam, Z. Yu, M. She // Frontiers of Agricultural Science and Engineering. – 2019. – В. 6. – №. 3. – P. 279-287.

485. Jinks, J.L. Herediiy / J.L. Jinks, H.S. Pooni. – 1982. – Vol. 49. – P. 291-294.

486. Jones, N. How Barbara McClintock discovered transposable elements in maize / N. Jones // Ecological genetics. – 2012. – Vol. 10. – № 4. – P. 3-13.

487. Jug, I. Influence of climate variations on some physiological and morphological characteristics of winter wheat / I. Jug, D Jug, B Đurđević, B Stipešević // 2nd International Scientific Conference, Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change, 26-28 September, 2013, Osijek, Croatia. – Croatian Soil Tillage Research Organization (CROSTRO), 2013. – P. 229-236.

488. Juliana P. Genomic Selection for Grain Yield in the CIMMYT Wheat Breeding Program-Status and Perspectives / P. Juliana, R.P. Singh, H.J. Braun [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Vol. 11. – No FEB. – P. 564183.

489. Kang, M.S. Breeding: Genotype-by-environment interaction / M.S. Kang // Encyclopedia of plant and crop science. – 2004. – P. 218-221.

490. Karaduman, Y. Assessing gluten strength with a new small-scale LASRC method useful for soft wheat breeding programs / Y. Karaduman // Cereal Chemistry. – 2020. – В. 97. – №. 2. – P. 196-204.

491. Kasarda, D.D. Can an increase in celiac disease be attributed to an increase in the gluten content of wheat as a consequence of wheat breeding? / D.D. Kasarda // Journal of agricultural and food chemistry. – 2013. – В. 61. – №. 6. – P. 1155-1159.

492. Khobra, R. Exploring the traits for lodging tolerance in wheat genotypes: a review / R. Khobra, S. Sareen, B.K. Meena [et al.] // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. – 2019. – B. 25. – №. 3. – P. 589-600.

493. Khudarganov, K.O. Parameters Homeostaticity and two-factor Dispersion Analysis of Indicators of Agronomic Valuable Characteristics of Cotton Lines Depending on Growing Conditions / K.O. Khudarganov, S.A. Usmanov, M.M. Abdul- laeva // *Nveo-natural volatiles & essential oils Journal| Nveo*. – 2021. – P. 2648-2654.

494. Kochmarsky, V.S. Winter-hardiness as an index of winter wheat adaptivity under environments of Ukrainian forest-steppe / V.S. Kochmarsky, L.A. Kolomiets, A.L. Dergachev, A.S. Basanets // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2012. – Vol 16. – №. 4/2. – P. 998-1004.

495. Kozulina, N.S. The influence of the variety adaptive potential on the formation of the Siberian selection spring wheat crop in the extreme conditions of Mongolia / N.S. Kozulina, L.V. Fomina, Zh.N. Shmeleva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations*. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 22045.

496. Kuwabara, T. Relationship between physiological and ecological traits and snow mold damage in winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) / T. Kuwabara J Abe, M Moriyama, M Yoshida [et al.] // *Japanese Journal of Breeding*. – 1997. – B. 47. – №. 3. – P. 271-277.

497. Larsson, H. Frit fly (*Oscinella frit*. L.) damage in oats and its chemical control by synthetic pyrethroids / H. Larsson // *Journal of Applied Entomology*. – 2009. – № 97 (1-5). – P. 470-480.

498. Leilah, A.A. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions / Leilah A.A., Al-Khateeb S.A. // *Journal of Arid environments*. – 2005. – B. 61. – №. 3. – P. 483-496.

499. Lemer, I.M. Genetic Homeostasis / I.M. Lemer. – 1954. – 134 p.

500. Lewis, D. Gene-environment interaction: A relationship between domi-

nance, heterosis, phenotypic stability and variability / D. Lewis // *Heredity*. – 1954. – B. 8. – № 3. – P. 333-356.

501. Liangzhi, Y. What Is the Irrigation Potential for Africa? / Y. Liangzhi, R. Claudia, N. Gerald [et al.]. – Delhi, IFPRI, 2010. – 40 p.

502. Lobell, D. B. Analysis of wheat yield and climatic trends in Mexico / D.B. Lobell, J.I. Ortiz-Monasterio, G.P. Asner [et al.] // *Field crops research*. – 2005. – V. 94. – №. 2-3. – P. 250-256.

503. Machado, D.M. Zambia: Irrigation market brief / D.M. Machado, L. Paglietti, D. Jackson [et al.]. – Rome, 2014. – 64 p.

504. Mahmood, N. Fatalism, climate resiliency training and farmers' adaptation re-sponses: implications for sustainable rainfed-wheat production in Pakistan / N. Mahmood, M. Arshad, H. Kaechele [et al.] // *Sustainability*. – 2020. – B. 12. – №. 4. – P. 1650.

505. Maksimovic, I. Non-enzymatic covalent modifications as a new chapter in the histone code / I. Maksimovic, Y. David // *Trends in Biochemical Sciences*. – 2021. – B.46. – №. 9. – P.718-730.

506. Malosetti, M., The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis / M. Malosetti, J.M. Ribaut, F.A. van Eeuwijk // *Frontiers in physiology*. – 2013. – B. 4. – P. 44.

507. Margueron, R. The key to development: interpreting the histone code? / R. Margueron, P. Trojer, D. Reinberg // *Current opinion in genetics & development*. – 2005. – B. 15. – №. 2. – P. 163-176.

508. McClintock B., Mechanisms that rapidly reorganize the genome / McClintock B. – University of Missouri, Columbia, 1978. – Vol. 10. – P.25-48.

509. Michalak de Jimenez, M.K. A radiation hybrid map of chromosome 1D reveals synteny conservation at a wheat speciation locus / M. K. Michalak De Jimenez, F. M. Bassi, F. Ghavami [et al.] // *Functional & Integrative Genomics*. – 2013. – Vol. 13. – No 1. – P. 19-32.

510. Milach, S.C.K. Dwarfing genes in plant improvement / S.C.K. Milach, L.C. Federizzi // *Advances in Agronomy*. – 2001. – Vol. 73. – P. 35-63.

511. Millner, J.P., Roskrige, N.R. The New Zealand arable industry / J.P. Millner, N.R. Roskrige // Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends. – Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand, 2013. – P. 102-114.

512. Mitrofanova, O. P. Wheat genetic resources in Russia / O. P. Mitrofanova // 8th international wheat conference: ABSTRACTS of oral and poster presentations, Санкт-Петербург, 01–04 июня 2010 года / N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry (VIR). – Санкт-Петербург: N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry (VIR), 2010. – P. 30-31.

513. Mohamed, N.E.M. Genotype by environment interactions for grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / N.E.M. Mohamed // Journal of Plant Breeding and Crop Science. – 2013. – Т. 7. – №. 5. – P. 150-157.

514. Mokanu, N.V. Differences in the effects of alleles of the genes *Vrd1* and *Ppd-D1* with respect to winter hardiness, frost tolerance and yield in winter wheat / N.V. Mokanu, V.I. Fayt // Cytology and genetics. – 2008. – В. 42. – №. 6. – P. 384-390.

515. Morgounov, A.I. International cooperation for winter wheat improvement in Central Asia: Results and perspectives / A.I. Morgounov, H.J. Braun, H. Ketata [et al.] // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. – 2005. – Vol. 29. – No 2. – P. 137-142.

516. Morgounov, A. Yield and quality in purple-grained wheat isogenic lines / A. Morgounov, B. Akin, A. Nehe [et al.] // Agronomy. – 2020. – Vol. 10. – №. 1. – P. 86.

517. Morrison, L.A. The Percival herbarium and wheat taxonomy: yesterday, today and tomorrow / L.A. Morrison // The Linnean special issue. Wheat taxonomy: the legacy of John Percival. – 2001. – №. – P.65-80.

518. Nesbitt, M. When and where did domesticated cereals first occur in southwest Asia? / M. Nesbitt // The Dawn of Farming in the Near East. – Berlin: Ex Oriente, 2002. – P. 113-132.

519. Nicotra, A.B. Plant phenotypic plasticity in a changing climate / A.B. Nicotra, O.K. Atkin, S.P. Bonser [et al.] // Trends in plant science. – 2010. – В. 15. – №. 12. – P. 684-692.

520. Nilan R.A. Induced gene and chromosome mutants // Philosophical Trans-

actions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences. – 1981. – B. 292. – №. 1062. – P. 457-466.

521. Niu, L. Influence of speed and rainfall on large-scale wheat lodging from 2007 to 2014 in China / L. Niu, S. Feng, W. Ding, G. Li // PloS One. – 2016. – B. 11. – №. 7. – P. e0157677.

522. Osei, M. K. Genotype× Environment interaction: a prerequisite for tomato variety development / M.K. Osei, B. Annor, J. Adjebeng-Danquah [et al.] // Recent Advances in Tomato Breeding and Production. – Intech Open, 2018. – 112 c.

523. Packa, D. Morphoanatomical traits of two lowest internodes related to lodging resistance in selected genotypes of Triticum / D. Packa, M. Wiwart, E. Suchowilska, T. Dienkowska // Int. Agrophys. – 2015. – № 29. – P.475-483.

524. Panfilova, A. Influence of fertilizing with modern complex organic-mineral fertilizers to grain yield and quality of winter wheat in the southern steppe of Ukraine / A. Panfilova, V. Gamayunova, I. Smirnova // Journal of Agricultural Science. – B. 31. – № 2. – 2020. – P. 196-201.

525. Paulsen, G.M. Wheat stand establishment / G.M. Paulsen // Wheat and wheat improvement. – 1987. – B. 13. – P. 384-389.

526. Pearson, K. The Grammar of Science / K. Pearson. – 1892. – 493 p.

527. Philipp, N. Grain number and grain yield distribution along the spike remain stable despite breeding for high yield in winter wheat / N. Philipp // PLoS One. – 2018. – B. 13. – №. 10. – P. e0205452.

528. Plomin, R. Genotype-environment interaction and correlation in the analysis of human behavior / R. Plomin, J.C. DeFries, J.C. Loehlin // Psychological bulletin. – 1977. – B. 84. – №. 2. – P. 309.

529. Poehlman, J.M. Breeding wheat / J.M. Poehlman // Breeding field crops. – Springer Science & Business Media, 2013. – P. 290-332.

530. Poltoretskyi, S. Growth and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the sowing parameters / S. Poltoretskyi, S. Tretiakova, I. Mostoviak [et al.] // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10 (2). – P. 81-87.

531. Pujol-Andreu, J. Wheat varieties and technological change in Europe, 19th

and 20th centuries: New issues in economic history / J. Pujol-Andreu // *Historia Agraria. Revista de Agricultura e Historia Rural*. – 2011. – №. 54. – C. 71-103.

532. Rossielle, A.A. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments / A.A. Rossielle, J. Hemblin // *Crop Sci.* – 1981. – Vol. 21. – № 6. – P. 27-29.

533. Rozbicki, J. Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat / J. Rozbicki, A. Ceglińska, D. Gozdowski // *Journal of cereal science*. – 2015. – V.61. – P. 126-132.

534. Serpen, A. Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces / A. Serpen, V. Gökmen, A. Karagöz, H. Köksel. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2008. – B. 56. – №. 16. – P. 7285-7292.

535. Shah, L. Improving lodging resistance: using wheat and rice as classical examples / L. Shah, M. Yahya, S.M.A. Shah [et al.] // *International journal of molecular sciences*. – 2019. – B. 20. – №. 17. – P. 4211.

536. Sharp, P.J. Validation of molecular markers for wheat breeding / P.J. Sharp, S. Johnston, G. Brown [et al.] // *Australian Journal of Agricultural Research*. – 2001 – V. 52 – P.1357 – 1366

537. Shcherban, A.B. Effect of VRN-1 and PPD-D1 genes on heading time in European bread wheat cultivars / A.B. Shcherban, A. Börner, E.A. Salina // *Plant Breeding*. – 2015. – B. 134. – №. 1. – P. 49-55.

538. Shewry, P.R. Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? / P.R Shewry, S. Hey // *Journal of Cereal Science*. – 2015. – B. 65. – P. 236-243.

539. Sieber, A., Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat / A. Sieber, T. Würschum, C.F.H. Longin // *Journal of Cereal Science*. – 2015. – Vol. 61. – P. 71-77.

540. Simmonds, N.W. Variability in crop plants, its use and conservation/ N.W. Simmonds // *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, – 1962. – 37. – P. 422-465.

541. Šíp, V. Winter wheat yield and quality related to tillage practice, input level and environmental conditions / V. Šíp, R. Vavera, J. Chrpvová // Soil and Tillage Research. – 2013. – B. 132. – P. 77-85.

542. Spearman, C. "General Intelligence" Objectively Determined and Measured" / C. Spearman // The American Journal of Psychology. – 1904. – V.15 (2). – P.201-292.

543. Stougaard, R.N. Spring wheat seed size and seeding rate effects on yield loss due to wild oat (*Avena fatua*) interference / R.N. Stougaard, Q. Xue // Weed science. – 2004. – B. 52. – №. 1. – P. 133-141.

544. Syukov, V.V. The contribution of genotype-environmental effects to the formation of qualitative traits of inbred and outbred plants / V.V. Syukov, E.V. Madyakin, D.V. Kochetkov // Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2011. – B. 1. – №. 1. – P. 33-37.

545. Tollenaar, M. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize / M. Tollenaar, E.A. Lee // Field crops research. – 2002. – B. 75. – №. 2-3. – P. 161-169.

546. Vandeleur, R.K. The impact of plant breeding on the grain yield and competitive ability of wheat in Australia / R.K. Vandeleur, G.S. Gill // Austral. J. Agric. Res. – 2004. – V. 55. – N 8. – P. 855-861.

547. Vasil, V., Herbicide resistant fertile transgenic wheat plants obtained by microprojectile bombardment of regenerable embryogenic callus / V. Vasil, A.M. Castillo, M.E. Fromm [et al.] // Nat. Biotechnol. 1992. – V.10. – № 6. – P. 667–674.

548. Vázquez, D. Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats / D. Vázquez, A.G. Berger, M. Cuniberti [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2012. – V. 56. – №. 2. – P. 196-203.

549. Waddington, C.H. Principles of Development and Differentiation / C.H. Waddington. – New York: Macmillan Company, 1966. – 115 p.

550. Walton, P.D. Spring wheat variety trials in the Prairie Provinces / P.D. Walton // Can. J. Plant Sci. – 1968. – Vol. 48. – P. 601-609.

551. Wang, J. Phenological trends of winter wheat in response to varietal and

temperature changes in the North China Plain / J. Wang, E. Wang, L. Feng [et al.] // *Field Crops Research*. – 2013. – B. 144. – P. 135-144.

552. Williams, R.M. The influences of genotype, environment, and genotype× environment interaction on wheat quality / R.M. Williams, O'Brien, L., Eagles, H.A. [et al.] // *Australian journal of agricultural research*. – 2008. – B. 59. – №. 2. – P. 95-111.

553. Workman, D. Wheat Exports by Country 2020 URL: <https://www.worldstopexports.com/wheat-exports-country/>

554. Worland, A.J. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats / A.J. Worland, A. Börner, V. Korzun [et al.] // *Euphytica*. – 1998. – V. 100. – №. 1. – P. 385-394.

555. Wricke, G. Die Erfassung der Wechselwirkung zwischen Genotyp und Umwelt bei quantitativen Eigenschaften / G. Wricke // *Z. Pflanzenzüchtung*. – 1965. – B. 53. – H.1. – P. 3-4.

556. Würschum, T.A. Modern Green Revolution gene for reduced height in wheat / T. Würschum, S.M. Langer, C.F.H. Longin [et al.] // *The Plant Journal*. – 2017^A. – B. 92. – № 5. – P. 892-903.

557. Würschum, T. Copy number variations of CBF genes at the Fr-A2 locus are essential components of winter hardiness in wheat / T. Würschum, C.F.H. Longin, V. Hahn [et al.] // *The Plant Journal*. – 2017^B. – B. 89. – №. 4. – P. 764-773.

558. Xynias, I.N. Durum wheat breeding in the Mediterranean region: Current status and future prospects / I.N. Xynias, I. Mylonas, E.G. Korpetis // *Agronomy*. – 2020. – V. 10. – №. 3. – P. 432.

559. Yan, W. Interpretation of genotype× environment interaction for winter wheat yield in Ontario / W. Yan, L.A. Hunt // *Crop Science*. – 2001. – B. 41. – №. 1. – P. 19-25.

560. Zohary, D. Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin / D. Zohary, M. Hopf, E. Weiss. – Oxford University Press, 2012. – 251 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Среднесуточная температура воздуха (°С) и сумма осадков (мм) по пункту г. Ульяновск [Климатический монитор. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>]

1.1 – Среднесуточная температура воздуха (°С)

Год	Месяцы											
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
2010/2011	23,1	13,6	3,6	-3,3	-7,2	-12,8	-18,7	-6,8	4,4	14,2	17,2	23,4
2011/2012	18,9	12,4	6,3	-4,2	-6,2	-11,5	-16,4	-6,2	10,4	16,2	19,8	21,1
2012/2013	20,1	12,3	7,6	0,8	-9,3	-10,6	-8,5	-6,2	6,7	16,4	20,1	20,3
2013/2014	19,4	12,3	5,3	2,9	-4,1	-10,4	-11,2	-1,1	4,6	16,8	17,5	19,5
2014/2015	19,9	11,9	2,9	-3,5	-6,2	-10,0	-7,7	-3,6	4,7	15,9	21,2	18,8
2015/2016	16,5	15,6	2,9	-0,3	-3,0	-12,4	-2,6	-1,3	8,6	15,0	17,9	21,4
2016/2017	22,8	11,4	4,3	-3,7	-11,0	-11,1	-7,9	-1,4	5,4	11,9	15,6	19,4
2017/2018	19,2	12,7	4,5	-0,3	-4,6	-9,7	-13,5	-10,3	4,9	14,9	16,8	22,4
2018/2019	19,4	14,3	6,7	-3,6	-8,4	-11,5	-7,2	-1,5	6,0	16,6	19,3	18,7
2019/2020	16,2	10,4	8,5	-2,4	-4,4	-3,0	-3,9	+2,6	5,7	13,0	17,2	21,8
2020/2021	17,0	12,6	6,5	-2,4	-12,1	-10,6	-16	-5,6	6,6	18,1	21,8	21,5
2021/2022	22,1	10,1	6,0	-0,4	-7,4	-9,3	-2,7	-	-	-	-	-
Среднее многолетнее	18,5	12,5	5,6	-2,6	-7,9	-9,8	-10,2	-3,8	6,1	14,4	18,5	20,6

1.2 – Сумма осадков (мм)

Год	Месяцы											
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
2010/2011	25	59	40	59	87	82	18	22	33	94	111	20
2011/2012	49	135	47	38	46	24	20	44	22	55	36	60
2012/2013	98	56	54	21	53	30	5	23	35	39	42	48
2013/2014	92	166	42	34	40	57	22	14	31	18	47	5
2014/2015	48	2	41	35	58	22	35	8	41	29	23	119
2015/2016	20	19	42	80	37	72	28	40	48	71	78	68
2016/2017	23	111	23	56	25	37	32	15	56	52	65	190
2017/2018	17	60	80	24	44	31	8	39	75	30	14	20
2018/2019	19	31	50	15	45	33	40	69	15	15	47	39
2019/2020	114	43	48	15	22	39	27	26	43	44	63	38
2020/2021	107	10	25	14	19	48	46	14	22	45	16	63
2021/2022	10	83	8	29	23	67	51	-	-	-	-	-
Среднее многолетнее	50	45	39	34	32	35	25	27	30	44	57	30

Приложение 2

Гидротермические коэффициенты в периоды вегетации озимой мягкой пшеницы
и предпосевной его этап

Год	Месяц					
	май	июнь	июль	май-июль	август	сентябрь
1992	1,2	0,9	0,6	0,9	0,6	0,4
1993	0,6	1,0	0,6	0,7	1,3	3,0
1994	1,2	2,2	0,4	1,3	1,2	0,4
1995	0,9	1,7	0,3	1,0	1,4	0,8
1996	1,8	2,0	1,0	1,6	0,4	0,9
1997	0,8	1,1	0,3	0,7	0,1	1,0
1998	0,2	0,1	0,5	0,2	0,9	0,7
1999	3,4	0,5	0,9	1,6	1,5	4,2
2000	1,5	0,9	1,2	1,2	1,0	2,4
2001	1,4	1,8	0,1	1,1	1,0	0,5
2002	0,8	1,0	0,5	0,8	0,6	1,2
2003	1,3	2,1	0,4	1,3	0,7	0,8
2004	1,0	1,1	2,1	1,4	0,3	1,0
2005	1,0	2,3	1,0	1,4	0,4	0,7
2006	2,1	1,1	0,7	1,3	1,4	0,2
2007	0,3	0,6	1,7	0,9	0,4	1,2
2008	0,7	1,1	1,5	1,1	0,4	2,3
2009	0,8	0,4	0,4	0,5	1,9	0,2
2010	0,6	0,1	0,2	0,3	0,3	1,4
2011	2,1	2,2	0,3	1,5	0,8	3,6
2012	1,1	0,6	0,9	0,9	1,6	1,5
2013	0,8	0,7	0,8	0,8	1,5	4,5
2014	0,3	0,9	0,1	0,4	0,8	0,1
2015	0,6	0,4	2,0	1,0	0,4	0,4
2016	1,5	1,5	1,0	1,3	0,3	3,2
2017	1,4	1,4	3,2	2,0	0,3	1,6
2018	0,6	0,3	0,3	0,4	0,3	0,7
2019	0,3	0,8	0,7	0,6	2,3	1,4
2020	1,1	1,2	0,6	1,0	2,0	0,3
2021	0,8	0,2	0,9	0,6	0,1	2,7

Приложение 3

Хозяйственно-биологическая характеристика сортов образцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения (2011-2012 гг.)

№ каталога ВИР	Сорт	Страна	Зимостойкость, балл (1-5)		Дата колошения		Высота, см		Урожайность, г/м ²		Масса 1000 зерен, г		Повреждение шведской мухой, балл (1-9)
			2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Волжская К, стандарт			4,5	5,0	5VI	2VI	104	71	630	367	42,8	35,7	6,0
65034	Омская 6	Россия	5,0	4,0	5VI	30V	95	56	440	244	42,5	36,8	6,5
65041	Doskunalala	Украина	3,0	5,0	4VI	29V	78	58	466	498	46,4	35,1	5,5
65042	Myropol	Украина	4,0	4,0	1VI	27V	65	48	419	280	40,9	34,0	7,0
65043	Mytes	Украина	2,5	1,0	11VI	3VI	73	46	234	78	37,2	25,5	7,0
65044	Monolog	Украина	2,0	3,0	6VI	28V	65	45	111	193	32,9	38,3	5,0
65045	Mykolayivka	Украина	5,0	4,0	4VI	2VI	72	48	445	247	38,3	34,2	4,0
65046	Dashenka	Украина	4,0	4,0	3VI	27V	94	54	730	338	46,9	39,4	7,0
65047	Kolos Myronivisk	Украина	3,0	3,0	4VI	30V	83	46	413	120	43,6	27,4	5,5
65048	Kalyanova	Украина	4,0	5,0	4VI	29V	90	49	976	350	47,9	41,1	6,0
65049	Vdachna	Украина	3,0	4,5	29V	23V	68	40	211	151	45,0	44,2	4,0
65051	Monotyp	Украина	2,0	3,0	6VI	31V	63	36	323	167	39,7	31,8	7,0
65052	Otaman	Украина	2,0	3,0	3VI	1VI	80	48	389	351	40,4	29,3	6,5
65053	Zamozhnist	Украина	3,0	5,0	5VI	31V	78	52	783	338	44,8	31,3	7,0
65054	Dyuk	Украина	2,5	4,0	3VI	25V	70	42	350	82	39,5	30,6	6,5
65055	Turunchuk	Украина	1,0	4,0	6VI	25V	65	47	44	318	37,3	39,6	4,5
65056	Antonivka	Украина	1,0	5,0	7VI	27V	70	46	40	262	44,5	32,8	6,0
65057	Lytavinka	Украина	4,0	5,0	3VI	29V	78	52	633	300	40,8	37,7	5,5
65058	Daushka	Украина	3,0	5,0	4VI	31V	70	52	226	328	45,0	40,3	7,0
65059	Vinnychanka	Украина	4,0	4,0	4VI	30V	70	48	427	207	44,7	32,2	5,5
65060	Shestopalivka	Украина	3,0	3,0	1VI	23V	70	41	333	142	41,3	44,4	4,5
65061	Titona	Украина	3,0	3,0	4VI	30V	65	48	190	358	38,4	32,4	6,0

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
65062	Zarichanka	Украина	3,0	3,0	5VI	2VI	80	55	359	109	45,0	30,6	6,5
65063	Amfidona	Украина	1,0	5,0	6VI	30V	65	46	111	189	44,6	33,7	6,0
65703	Khersonska bez	Украина	4,0	4,0	3VI	26V	70	42	352	204	41,2	39,8	5,5
65067	Manzhelija	Украина	4,5	5,0	5VI	3VI	79	53	635	333	43,9	40,2	6,0
65028	Banga	Латвия	4,0	4,0	9VI	2VI	70	64	351	370	42,6	41,9	6,0
65039	Kolumka	Молдавия	3,0	3,5	3VI	26V	70	53	483	300	45,4	41,1	6,0
65040	Akter	Германия	2,0	2,5	13VI	10VI	88	59	20	233	40,0	26,4	5,5
65074	Compliment	Германия	4,0	3,0	12VI	8VI	75	48	423	171	38,5	32,4	7,5
65035	MV Koma	Венгрия	2,0	2,0	2VI	2VI	50	48	59	244	36,7	33,3	7,0
65036	MV 20-68	Венгрия	1,0	-	6VI	-	48	-	22	-	27,3	-	-
65025	Emoile	Болгария	4,0	4,0	1VI	24V	76	47	525	164	44,2	41,5	4,5
65026	Svilena	Болгария	4,0	3,0	2VI	30V	76	47	606	153	41,1	31,9	7,0
65027	Karat	Болгария	3,0	3,0	4VI	29V	81	50	276	282	43,2	32,3	5,0
65064	Rapsodija	Сербия	1,0	4,0	6VI	27V	60	41	40	93	33,7	30,7	6,5
65066	NS 124/01	Сербия	3,0	5,0	6VI	3VI	80	53	42	149	43,4	38,2	4,5
65075	Mina	Сербия	4,5	2,0	6VI	2VI	69	37	670	54	34,5	25,6	7,0
65029	Xiao Yan 6	Китай	4,0	3,0	29V	26V	85	56	284	85	40,3	32,5	6,5
65030	Xiao Yan 107	Китай	5,0	4,0	3VI	27V	80	50	56	324	38,0	35,3	7,0
65031	Ji Mai 36	Китай	3,5	2,0	29V	23V	55	30	118	31	42,8	37,9	6,0
65032	Ji Mai 21	Китай	3,0	3,0	2VI	1VI	55	54	67	458	42,6	34,4	4,0
65033	Ji Mai 18	Китай	1,0	2,0	2VI	30V	34	42	93	22	24,5	42,1	6,5
65037	Ji Mai 30	Китай	3,0	1,5	1VI	23V	62	43	13	35	29,0	34,5	5,5
65038	Ji Mai 31	Китай	1,0	1,0	30V	31V	55	36	80	24	47,7	39,1	7,0
65068	Zhong Pin 1507	Китай	4,0	3,5	6VI	30V	73	46	260	278	38,5	37,7	7,5
65069	Zhong Pin1535	Китай	4,0	5,0	2VI	24V	66	51	280	300	42,3	40,2	5,5
65070	Zhong Pin1583	Китай	4,0	2,5	5VI	30V	78	46	370	289	43,8	35,4	6,0
65071	ZhongPin1586	Китай	4,0	2,5	7VI	27V	73	51	476	104	40,3	33,1	6,0
65072	Zhong Pin1630	Китай	4,0	3,0	2VI	26V	83	71	535	167	43,3	35,9	6,5
Среднее			3,1	3,5	4VI	29V	72	49	328	222	40,8	35,3	6,0

Приложение 4

Хозяйственно-биологическая характеристика сортов образцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения (2012-2013 гг.)

№ каталога ВИР	Сорт	Страна	Перезимовка, балл 1-5		Дата колошения		Высота, см		Урожайность, г/м ²		Масса 1000 зерен, г		Повреждение шведской мухой, балл (1-9)
			2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Волжская К, стандарт			5,0	5,0	2VI	4VI	71	72	367	162	35,7	37,9	6,0
64199	Ситная	Россия	5,0	2,0	26V	2VI	60	60	64	147	36,8	42,5	4,5
64913	Виктория 95	Россия	5,0	4,0	2VI	1VI	67	79	360	626	37,3	42,3	7,0
64491	Авеста	Россия	5,0	2,0	25V	2VI	33	58	59	103	30,6	40,0	5,0
64492	Агра	Россия	4,0	2,0	2VI	2VI	41	51	82	60	32,4	46,6	6,5
64619	Донская 50	Россия	5,0	2,0	29V	4VI	42	48	314	93	34,5	37,2	4,5
64620	Доминанта	Россия	4,0	3,0	3VI	4VI	54	63	227	144	34,4	30,3	7,0
64621	ТМ-04	Россия	3,7	3,0	30V	4VI	49	57	234	83	32,1	42,4	6,5
64633	Камея	Россия	5,0	4,0	27V	3VI	40	43	282	189	33,7	42,8	7,0
63634	Донская лира	Россия	5,0	3,0	25V	2VI	45	46	330	172	35,5	38,0	6,0
64910	Донна	Россия	5,0	2,0	27V	4VI	46	45	358	73	35,8	34,8	4,0
64911	Золушка	Россия	5,0	3,0	26V	5VI	53	63	280	42	39,4	39,7	6,5
64745	Багратионовская	Россия	5,0	5,0	31V	4VI	82	87	270	25	35,7	20,8	5,5
64746	Новосибирская 32	Россия	5,0	5,0	1VI	4VI	96	99	377	88	31,7	33,6	7,0
64747	Новосибирская 51	Россия	5,0	5,0	30V	2VI	79	93	280	264	32,3	31,3	7,0
64748	Бийская озимая	Россия	5,0	5,0	1VI	3VI	94	98	505	203	31,3	42,8	6,5
64749	Новосибирская 9	Россия	4,0	4,0	30V	4VI	62	60	240	66	33,8	35,4	7,0
64750	Филатовка	Россия	5,0	5,0	3VI	5VI	97	104	320	240	33,2	38,2	6,0
64751	Новосибирская 40	Россия	5,0	4,0	31V	3VI	84	86	320	65	35,0	33,2	4,0
64752	Кулундинка	Россия	5,0	5,0	2VI	4VI	98	93	348	167	30,0	39,7	6,5
64753	Лютесценс 4	Россия	5,0	4,0	1VI	4VI	71	80	60	192	37,0	38,0	5,5
64912	Поэма	Россия	5,0	5,0	2VI	2VI	67	83	423	333	32,5	38,0	7,0
65068	Силуэт	Россия	4,5	3,0	24V	6VI	59	69	207	12	34,4	37,5	5,5
65069	Статус	Россия	5,0	3,0	30V	6VI	57	68	187	85	30,1	31,8	7,0

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
63009	Balatonmagyardi	Венгрия	4,0	1,0	30V	3VI	92	60	105	-	43,0	-	-
63020	KS 8010-72	США	4,0	2,5	27V	2VI	46	58	145	65	33,6	30,0	5,5
63048	Orienta	США	2,0	1,0	2VI	4VI	38	78	253	97	34,5	40,5	7,5
64070	Pacer	США	4,0	1,0	23V	1VI	53	-	294	-	28,5	-	7,0
65155	KS 96 WGRC37	США	2,7	1,0	22V	1VI	42	50	97	18	31,4	24,6	6,5
65156	KS 92 WGRC22	США	3,0	1,0	24V	4VI	40	53	100	-	32,8	-	6,0
65157	KS 96 WGRC38	США	3,5	2,0	23V	3VI	36	63	180	9,5	36,4	22,2	4,0
65158	KS 96 WGRC40	США	4,0	3,0	22V	1VI	43	63	206	50	43,1	21,1	6,5
65159	KS 96 WGRC34	США	4,7	2,5	23V	4VI	50	33	168	70	38,4	39,1	5,5
63109	Kitami 35	Япония	4,5	2,0	31V	5VI	58	65	71	57	31,8	38,1	7,0
63116	Kitami 46	Япония	4,0	3,0	29V	1VI	50	78	240	-	32,7	-	5,5
63112	Satsukei 26	Япония	4,0	4,0	27V	3VI	48	58	210	125	33,3	38,4	5,5
63114	Satsukei 94	Япония	4,0	1,0	29V	3VI	51	61	87	161	37,6	43,8	6,0
64301	Flint	Англия	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64302	Fenda	Англия	1,0	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-
64670	Estanuelo Benteveo	Уругвай	3,0	1,0	2VI	-	74	-	115	-	35,5	-	-
64671	VF- T6	Перу	2,0	1,0	2VI	-	49	-	75	-	35,3	-	-
65165	Юбиляр Мироновский	Украина	3,0	2,0	31V	3VI	43	63	210	170	39,3	46,5	7,0
65166	Памяти Ремесло	Украина	4,7	2,5	30V	3VI	52	53	306	123	27,9	41,4	5,0
65167	Ясногорка	Украина	5,0	3,0	27V	4VI	58	53	370	261	40,1	31,0	6,5
65168	Ntnka	Украина	5,0	1,0	27V	6VI	55	38	364	23	41,0	36,0	4,5
65169	Krasen	Украина	4,7	4,0	26V	4VI	65	81	273	112	39,0	40,3	7,0
65170	Myrlena	Украина	5,0	1,0	27V	6VI	49	43	507	5	40,1	30,0	6,5
65171	Darnytsya	Украина	4,5	1,5	24V	4VI	51	55	227	17	43,0	33,6	7,0
64324	Dukanka	Украина	4,0	3,0	26V	2VI	51	57	280	260	38,9	43,1	6,5
65160	Moda	Латвия	4,0	1,5	26V	4VI	70	58	126	-	30,4	-	6,0
65161	Elva	Латвия	5,0	2,0	3VI	4VI	73	50	322	-	35,3	-	7,0
65162	Sakta	Латвия	2,7	1,0	4VI	6VI	62	55	118	-	33,3	-	6,0
65163	Eka	Эстония	4,0	2,5	3VI	6VI	63	63	250	91	22,9	30,6	6,5
65164	Sani	Эстония	4,0	1,5	1VI	6VI	75	63	230	6	29,2	24,5	7,0
Среднее			4,2	2,8	29V	4VI	58	66	239	126	35,4	35,7	6,4

Приложение 5

Результаты корреляционных анализов между хозяйственно-ценными показателями сортов озимой мягкой пшеницы,
($r \pm Sr$) / tr , сеялочный посев

Пары показателей	Год исследований								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2016	2011-2013, 2015	2014, 2016
Урожайность зимо- стойкость	0,69±0,20	0,42±0,25	0,75±0,19	-	0,36±0,26	-	0,61±0,22	-	-
	3,45	1,67	4,03	-	1,41	-	2,81	-	-
Урожайность - высота	0,67±0,21	0,17±0,27	0,40±0,25	-0,36±0,26	0,18±0,27	-0,51±0,24	-	0,43±0,25	-0,46±0,25
	3,22	0,62	1,55	1,40	0,64	2,15	-	1,69	1,86
Зимостойкость- высота	0,63±0,22	0,40±0,25	0,61±0,22	-	0,56±0,23	-	0,76±0,18	-	-
	2,93	1,59	2,80	-	2,46	-	4,17	-	-
Устойчивость к полеганию -высота	-	-	-	-0,58±0,23	-	-0,69±0,20	-0,57±0,23	-	-
	-	-	-	2,55	-	3,46	2,50	-	-
Урожайность- устойчивость к по- леганию	-	-	-	0,53±0,23	-	0,22±0,27	0,31±0,26	-	-
	-	-	-	2,27	-	0,87	1,19	-	-
Урожайность веге- тационный период-	0,16±0,27	0,45±0,25	0,06±0,28	-0,22±0,27	-0,09±0,28	-0,45±0,25	-0,15±0,27	-	-
	0,59	1,82	0,21	0,81	0,35	1,80	0,53	-	-
Высота- вегетационный пе- риод	0,61±0,22	0,78±0,17	0,51±0,24	0,42±0,25	0,74±0,19	0,46±0,25	0,73±0,19	-	-
	2,78	4,48	2,14	1,68	3,96	1,86	3,86	-	-
Вегетационный пе- риод- зимостойкость	0,17±0,27	0,46±0,25	0,24±0,27	-	0,65±0,21	-	0,73±0,19	-	-
	0,63	1,88	0,90	-	3,06	-	3,80	-	-
Масса 1000 зерен- вегетационный пе- риод	-0,02±0,28	-0,59±0,22	-0,49±0,24	0,14±0,27	0,19±0,27	-0,02±0,28	-0,25±0,27	-	-
	0,08	2,64	2,01	0,53	0,69	0,09	0,94	-	-

Критерии существенности $t_{05}=2,16$, $t_{01}=3,01$, $t_{001}=4,22$ Степени свободы = 13

Приложение 6

Результаты корреляционных анализов между хозяйственно-ценными показателями сортов образцов
озимой мягкой пшеницы, ($r \pm Sr$) /tr, ручной посев

Пары показателей	Год исследований		Год исследований	
	2011	2012	2012	2013
	1-й набор		2-й набор	
Зимостойкость-урожайность	0,69±0,12	0,60±0,13	0,63±0,12	0,55±0,10
	5,89	4,61	5,19	4,43
Урожайность-высота	0,58±0,11	0,53±0,11	0,31±0,13	0,34±0,13
	5,07	4,46	2,33	2,57
Зимостойкость-высота	0,57±0,12	0,35±0,14	0,38±0,13	0,72±0,10
	4,74	2,60	2,83	7,25
Урожайность-вегетационный период	-0,03±0,14	0,17±0,15	0,15±0,14	-0,47±0,14
	0,24	1,21	1,07	3,50
Высота-вегетационный период	0,19±0,14	0,29±0,14	0,52±0,12	-0,08±0,15
	1,35	2,09	4,16	0,57
Вегетационный период - зимостойкость	-0,11±0,14	-0,11±0,14	-0,05±0,15	-0,12±0,14
	0,73	0,73	0,36	0,82
Масса 1000 зерен- вегетационный период	-0,15±0,14	-0,45±0,13	-0,30±0,14	-0,12±0,14
	1,01	3,46	2,19	0,85
	Степени свободы 47 $t_{05}=2,01, t_{01}=2,69, t_{001}=3,51$		Степени свободы 51 $t_{05}=2,01, t_{01}=2,69, t_{001}=3,51$	

Приложение 7

Дифференциация сортов озимой мягкой пшеницы по устойчивости к шведской мухе, устойчивости к полеганию и высоте растений

Сорт	Устойчивость к шведской мухе, балл (1,0-9,0)	Устойчивость к полеганию, балл (1,0-5,0)		Высота, см	
	2012 г.	2014 г.	2016 г.	2014 г.	2016 г.
Волжская К, стандарт	3,0	4,8	2,0	97	127
Волжская 16	3,0	3,5	2,0	101	122
Волжская 100	3,0	3,5	2,0	97	121
Волжская Сз	3,0	4,8	2,0	89	127
Безенчукская 380	3,0	2,5	2,0	96	125
Санта	3,0	3,0	2,0	88	115
Светоч	5,0	2,5	2,0	91	98
Ресурс	8,0	4,5	2,0	84	98
Бирюза	5,0	4,8	3,0	76	92
Казанская 285	3,0	5,0	2,0	78	114
Московская 39	3,0	4,8	2,0	88	118
Базальт	5,0	4,0	2,0	95	118
Марафон	9,0	5,0	3,0	61	93
Харьковская 92	7,5	1,5	2,0	89	112
Мироновская 808	4,0	2,5	2,0	101	124
Среднее	4,5	3,8	2,1	89	114
НСР ₀₅	0,9	0,5	0,1	3,5	2,5

Приложение 8

Масса 1000 зерен сортов озимой мягкой пшеницы, сеялочный посев

Сорт	Год урожая						Среднее
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Волжская К, стандарт	45,2	33,5	37,5	40,9	30,6	30,6	36,4
Волжская 16	43,6	33,1	39,5	44,7	34,0	35,7	38,4
Волжская 100	51,3	31,3	40,3	48,1	35,6	32,3	39,8
Волжская Сз	40,4	31,6	42,5	43,3	32,8	31,5	37,0
Безенчукская 380	43,8	30,3	36,3	41,9	32,2	33,5	36,3
Санта	42,4	31,3	34,2	41,7	33,4	33,8	36,1
Светоч	48,0	35,5	43,5	44,4	34,3	36,2	40,3
Ресурс	46,1	36,3	37,5	43,0	27,6	32,8	37,2
Бирюза	34,4	36,9	36,0	37,3	28,7	29,3	33,8
Казанская 285	44,1	32,8	36,1	41,4	25,7	29,4	34,9
Московская 39	38,0	35,1	34,7	41,6	29,0	29,7	34,7
Базальт	50,2	40,7	42,1	46,8	29,3	33,4	40,4
Марафон	43,0	36,1	38,7	41,6	29,3	34,0	37,1
Харьковская 92	42,3	35,2	40,8	40,5	31,0	31,3	36,9
Мироновская 808	47,3	36,0	40,2	43,0	33,2	34,2	39,0
Среднее	44,0	34,4	38,7	42,7	31,1	32,5	37,2
НСР ₀₅ , г	3,86	2,98	3,63	3,62	3,19	2,84	-

Приложение 9

Элементы структуры урожайности сортов озимой мягкой пшеницы

Сорт	Количество растений к уборке, шт./м ²		Количество стеблей, шт/м ²				Полевая всхожесть, %		Сохранность расте- ний к уборке, %	
			общее		продуктивных					
	Среднее / (от-до)	V, %	Среднее / (от-до)	V, %	Среднее / (от-до)	V, %	Среднее / (от-до)	V, %	Среднее / (от-до)	V, %
Волжская К, стандарт	161 (82-231)	38,0	461 (415-525)	15,7	396 (312-458)	16,7	62 (43-80)	25,5	42 (39-50)	19,7
Волжская 16	166 (59-322)	67,0	370 (260-509)	31,6	323 (220-452)	34,2	52 (29-68)	32,7	50 (34-80)	42,5
Волжская 100	163 (102-204)	27,8	377 (284-445)	18,7	327(227-381)	20,9	56 (29-72)	33,4	55 (24-90)	49,2
Волжская С3	193 (150-227)	17,6	480 (400-567)	14,4	380 (324-430)	13,1	58 (47-70)	19,6	57 (36-74)	27,7
Безенчукская380	169 (58-292)	56,7	427 (305-560)	24,5	334(144-492)	43,8	55 (42-60)	15,6	53 (17-83)	55,0
Санта	178 (94-284)	45,4	476 (312-582)	25,7	432(308-507)	20,9	66 (47-83)	23,0	43 (33-57)	28,2
Светоч	174 (97-296)	51,4	433 (342-524)	24,0	368(308-442)	18,0	66 (40-98)	36,3	44 (26-50)	27,1
Ресурс	184 (94-326)	54,1	386 (249-482)	28,5	328(190-423)	34,0	70 (47-100)	31,3	45 (23-96)	76,3
Бирюза	138 (101-159)	19,9	328 (291-361)	8,7	251 (227-267)	7,3	64 (43-74)	22,0	38 (24-61)	42,4
Казанская 285	161(119-207)	30,6	404 (257-506)	26,4	352(230-429)	24,7	60 (44-77)	23,4	46 (25-60)	32,9
Московская 39	192(108-235)	30,6	390 (358-413)	6,4	360(309-400)	10,8	67 (54-80)	17,1	49 (29-72)	36,6
Базальт	124 (88-189)	36,9	306 (250-406)	22,7	254(210-350)	25,6	69 (56-92)	22,6	29 (24-34)	14,1
Марафон	114 (31-162)	50,3	347 (181-495)	39,6	286(154-388)	34,7	52 (31-74)	34,0	40 (10-42)	63,1
Харьковская 92	130 (85-223)	53,9	367 (322-441)	15,3	315(235-381)	21,1	60 (46-72)	18,4	34 (25-52)	37,9
Мироновская 808	142 (90-190)	37,7	368 (240-415)	23,2	297(192-365)	25,0	63 (53-74)	18,4	37 (28-44)	21,7
Среднее	159 (127-198)	–	395 (356-433)	–	333(293-364)	–	61 (46-74)	–	44 (35-49)	–

Продолжение приложения 9

Сорт	Общая кустистость		Продуктивная кустистость		Масса зерна с главного колоса		Масса зерна со среднего колоса		Масса зерна с растения	
	среднее	V, %	среднее	V, %	среднее, г	V, %	среднее, г	V, %	среднее, г	V, %
Волжская К, стандарт	3,2 (2,3-4,7)	35,2	2,7 (1,9-3,8)	31,3	1,2 (0,9-1,3)	15,1	1,0 (0,8-1,1)	12,9	2,6 (1,5-3,7)	37,0
Волжская 16	2,9 (1,6-4,9)	54,4	2,5 (1,4-4,1)	51,9	1,2 (0,8-1,5)	25,3	1,1 (0,7-1,3)	25,2	2,7 (0,9-5,2)	70,6
Волжская 100	2,5 (1,8-4,1)	43,2	2,2 (1,5-3,5)	41,4	1,4 (0,9-1,7)	24,8	1,2 (0,8-1,4)	23,0	2,6 (1,5-4,6)	52,6
Волжская СЗ	2,6 (1,9-3,8)	33,7	2,1 (1,5-2,8)	30,3	1,1 (0,5-1,4)	37,1	0,9 (0,4-1,2)	38,9	1,7 (1,1-2,4)	31,2
Безенчукская380	3,1 (1,9-5,3)	48,6	2,1 (1,7-2,5)	16,0	1,1 (0,9-1,6)	28,5	1,0 (0,8-1,4)	29,5	2,1 (1,5-3,5)	44,8
Санта	2,9 (2,1-3,9)	28,2	2,7 (1,8-3,4)	29,8	1,0 (0,7-1,3)	25,6	0,9 (0,6-1,1)	24,5	2,4 (1,1-3,7)	50,0
Светоч	3,0 (1,8-5,4)	57,1	2,6 (1,4-4,6)	56,0	1,4 (0,8-1,7)	29,2	1,2 (0,7-1,5)	29,7	3,2 (0,9-5,7)	64,8
Ресурс	2,6 (1,5-5,0)	64,5	2,2 (1,2-4,4)	68,1	1,4 (1,1-1,5)	15,4	1,2 (0,9-1,3)	16,1	2,7 (1,4-5,7)	77,0
Бирюза	2,5 (2,1-3,6)	29,4	1,9 (1,4-2,6)	26,8	1,2 (0,9-1,5)	21,5	1,0 (0,8-1,3)	21,6	1,9 (1,6-2,4)	17,7
Казанская 285	2,6 (2,2-3,4)	22,1	2,3 (2,0-3,0)	21,3	1,2 (1,0-1,6)	24,4	1,0 (0,9-1,4)	24,4	2,4 (1,7-4,1)	48,5
Московская 39	2,2 (1,7-3,3)	33,8	2,0 (1,5-2,9)	31,1	1,1 (0,8-1,4)	23,5	1,0 (0,7-1,2)	21,9	2,0 (1,2-3,4)	50,7
Базальт	2,8 (1,3-4,6)	49,5	2,3 (1,2-4,0)	52,1	1,5 (1,2-1,9)	21,1	1,3 (1,0-1,6)	21,2	2,8 (1,9-4,4)	41,6
Марафон	3,6 (2,2-5,8)	44,7	3,0 (2,0-5,0)	46,8	1,4 (1,2-1,6)	14,2	1,1 (1,0-1,3)	13,3	3,3 (2,0-5,1)	40,7
Харьковская 92	3,4 (1,8-5,6)	51,7	3,0 (1,6-5,6)	60,1	1,3 (1,0-1,4)	13,9	1,1 (0,8-1,2)	16,5	3,3 (1,7-6,9)	74,2
Мироновская 808	2,8 (2,2-4,5)	39,7	2,3 (1,7-3,4)	34,5	1,1 (0,5-1,3)	35,9	0,9 (0,4-1,1)	37,4	2,2 (0,7-3,8)	59,1
Среднее	2,8 (2,0-3,8)	—	2,4 (1,8-3,2)	—	1,2 (0,9-1,5)	—	1,0 (0,8-1,2)	—	2,5 (1,4-3,5)	—

Продолжение приложения 9

Сорт	Длина колоса		Количество колосков в колосе		Плотность колоса		Количество зёрен в колосе		Количество неразвитых колосков		Масса 1000 зёрен,	
	среднее, см	V, %	среднее, шт	V, %	среднее	V, %	среднее, шт	V, %	среднее, %	V, %	среднее, г	V, %
Волжская К, стандарт	7,1 (6,4-8,1)	11,0	16 (14-17)	8,0	22 (21-24)	5,7	30 (28-33)	7,2	8,1(6,6-11,6)	29,5	38,5 (34,1-43,5)	10,6
Волжская 16	6,8 (5,4-7,9)	18,3	17 (14-19)	14,4	25 (23-30)	12,7	31 (23-36)	20,1	8,5 (4,7-14,6)	50,0	40,3 (33,3-47,6)	15,3
Волжская 100	8,4 (7,3-10,1)	14,7	17 (12-19)	18,8	20 (16-22)	13,6	29 (25-33)	12,0	5,9 (1,9-8,2)	48,6	45,5 (37,3-49,0)	12,1
Волжская СЗ	7,3 (6,1-8,4)	14,3	17 (14-19)	14,4	24 (23-24)	2,5	28 (15-36)	32,3	5,1 (2,1-8,4)	51,5	37,1 (30,0-41,1)	13,3
Безенчукская380	7,2 (6,4-7,7)	7,8	17 (14-20)	14,5	24 (19-27)	14,8	29 (25-35)	15,1	7,2 (2,6-13,2)	79,6	38,7 (33,0- 46,5)	15,7
Санта	6,0 (5,4-7,0)	12,3	16 (13-18)	14,1	27 (24-29)	7,9	25 (22-29)	11,4	7,9 (6,2-11,8)	33,9	38,9 (32,6-45,0)	13,6
Светоч	6,4 (5,3-7,2)	13,0	15 (12-17)	14,5	24 (22-25)	6,3	32 (25-37)	17,5	6,8 (3,7-9,4)	37,9	43,3 (31,6-49,2)	18,8
Ресурс	6,7 (5,5-7,8)	14,9	16 (15-19)	13,5	24 (23-25)	3,4	34 (27-36)	13,0	5,1 (1,8-6,9)	44,8	41,9 (39,3- 44,3)	6,4
Бирюза	7,0 (5,8-8,1)	13,5	15 (13-18)	17,2	22 (19-25)	11,1	33 (29-38)	13,7	3,5 (3,1-4,2)	14,7	37,5 (33,7-40,8)	7,8
Казанская 285	7,2 (5,9-8,4)	14,2	16 (15-18)	9,2	23 (21-25)	9,1	30 (20-38)	24,9	6,7 (3,4-9,7)	40,1	40,3 (33,7-50,0)	19,0
Московская 39	8,2 (6,8-8,8)	11,7	17 (17-18)	2,9	21 (19-25)	12,9	28 (24-32)	11,7	6,5 (1,7-11,0)	65,4	38,8 (33,8-43,2)	11,8
Базальт	7,1 (5,9-8,3)	16,1	17 (15-18)	9,0	24 (23-27)	9,0	33 (26-42)	21,4	4,6 (0,8-10,3)	87,1	44,9 (39,9-48,9)	8,6
Марафон	6,7 (6,2-7,6)	9,4	17 (14-18)	10,5	25 (22-27)	9,8	32 (30-34)	6,4	2,2 (1,3-3,2)	35,9	40,9 (38,9-45,3)	7,3
Харьковская 92	6,9 (5,9-7,6)	10,3	16 (14-18)	10,5	24 (20-27)	12,1	31 (24-35)	16,0	6,1 (1,7-12,4)	75,1	40,4 (36,3-42,7)	7,2
Мироновская 808	7,9 (7,1-8,5)	7,9	16 (14-16)	8,0	20 (16-23)	14,7	26 (13-31)	33,2	5,4 (3,2-7,4)	33,7	40,9 (35,9-44,5)	8,9
Среднее	7,1 (6,3-8,0)	–	16 (14-18)	–	23 (21-25)	–	30 (26-33)	–	6,0 (4,7-8,3)	–	40,5 (34,9-43,7)	–

Приложение 10

Вклад условий среды (*A*), генотипа (*B*) и их взаимодействия (*A*×*B*) в реализацию урожайности озимой мягкой пшеницы и элементов её структуры

Показатель	Вклад факторов, %				НСР ₀₅ (<i>A</i>)	НСР ₀₅ (<i>B</i>)
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i> × <i>B</i>	остаток		
Урожайность, т/га	77,8	2,7	13,3	5,9	0,12	0,19
Число всходов, шт./ м ²	40,7	17,7	40,8	0,7	5,6	10,7
Полевая всхожесть, %	45,5	15,5	38,5	0,5	0,7	1,7
Число растений к уборке, шт./ м ²	20,4	13,2	64,9	1,3	5,4	10,4
Число продуктивных стеблей к уборке, шт./ м ²	10,3	30,8	57,5	1,4	7,4	14,4
Число стеблей к уборке, шт/ м ²	15,1	28,1	55,7	1,0	7,2	13,8
Сохранность к уборке, %	8,9	16,4	71,2	3,4	2,5	4,8
Общая кустистость	37,2	9,3	50,3	2,4	0,1	0,3
Продуктивная кустистость	33,8	11,9	50,1	4,8	0,2	0,3
Вес зерна с 1 растения, г	39,3	12,7	45,3	2,6	0,2	0,4
Вес зерна с 1 колоса, г	38,0	17,7	26,5	16,5	0,1	0,2
Длина колоса, см	37,2	35,8	19,7	7,2	0,2	0,4
Число колосков в колосе, шт.	50,5	9,2	18,9	21,3	0,7	1,4
Количество неразвитых колосков (%)	18,9	26,1	53,5	1,4	0,3	0,5
Количество зерен в колосе, шт	32,8	19,6	43,5	3,9	0,8	1,5
Масса 1000 зерен, г	37,8	18,3	19,0	24,0	2,0	3,9

Приложение 11

Вклад условий среды (A), генотипа (B) и их взаимодействия ($A \times B$) в реализацию показателей качества зерна озимой мягкой пшеницы

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_f	F_{05}	Вклад фактора, %
Количество клейковины						
Общая	3209,2	119	-	-	-	-
Повторений	1,4	1	1,4	3,1	3,9	0,0
Год (A)	1600,7	3	533,6	1181,2	2,8	49,9*
Сорт (B)	216,5	14	15,5	34,2	1,9	6,8*
Взаимодействие ($A \times B$)	1363,9	42	32,5	71,9	1,6	42,5*
Остаток (ошибки)	26,7	59	0,5	-	-	0,8
НСР ₀₅ (A) = 0,34 %			НСР ₀₅ (B) = 0,66 %			
Качество клейковины						
Общая	34555,4	119	-	-	-	-
Повторений	6,8	1	6,8	2,3	3,9	0,02
Год (A)	17972,5	3	5990,8	2002,3	2,8	52,0*
Сорт (B)	1778,2	14	127,0	42,5	1,9	5,2*
Взаимодействие ($A \times B$)	14621,4	42	348,1	116,4	1,6	42,3*
Остаток (ошибки)	176,5	59	2,9	-	-	0,5
НСР ₀₅ (A) = 0,88 е.п.			НСР ₀₅ (B) = 0,70 е.п.			
Стекловидность зерна						
Общая	13764,5	119	-	-	-	-
Повторений	2,7	1	2,7	0,4	3,9	0,02
Год (A)	3374,5	3	1124,8	147,1	2,8	24,5*
Сорт (B)	4497,0	14	321,2	41,9	1,9	32,7*
Взаимодействие ($A \times B$)	5439,0	42	129,5	16,9	1,6	39,5*
Остаток (ошибки)	451,3	59	7,7	-	-	3,3
НСР ₀₅ (A) = 1,40 %			НСР ₀₅ (B) = 2,71 %			
Натура зерна						
Общая	196739,9	119	-	-	-	-
Повторений	93,6	1	93,6	1,6	3,9	0,1
Год (A)	168078,4	3	56026,1	932,6	2,8	85,4*
Сорт (B)	14380,9	14	1027,2	17,1	1,9	7,3*
Взаимодействие ($A \times B$)	10642,6	42	253,4	4,2	1,6	5,4*
Остаток (ошибки)	3544,4	59	60,1	-	-	1,8
НСР ₀₅ (A) = 3,92 г/л			НСР ₀₅ (B) = 7,60 г/л			

*— достоверно на 5 % уровне значимости

Приложение 12

Результаты корреляционного анализа между показателями качества зерна, а также между урожайностью и показателями качества зерна озимой мягкой пшеницы

$$(r \pm Sr) / tr$$

Пары показателей	Год исследований				Среднее
	2011	2012	2013	2014	
Урожайность- количество клейковины	0,09±0,27	-0,37±0,26	-0,12±0,28	0,21±0,27	0,05±0,28
	0,34	1,43	0,43	0,79	0,17
Урожайность- качество клейковины	0,11±0,28	-0,24±0,27	0,21±0,27	0,21±0,27	-0,18±0,27
	0,40	0,87	0,77	0,64	0,67
Урожайность- стекловидность	0,07±0,28	0,38±0,26	0,20±0,27	-0,04±0,28	0,02±0,28
	0,28	1,46	0,75	0,16	0,07
Урожайность- натура зерна	0,48±0,24	0,60±0,22	0,23±0,27	-0,24±0,27	0,50±0,24
	1,96	2,74*	0,83	0,89	2,10
Количество клейковины-качество клейковины	0,17±0,27	0,71±0,19	-0,14±0,27	0,25±0,27	-0,45±0,25
	0,63	3,64**	0,52	0,91	1,79
Количество клейковины стекловидность	0,50±0,24	-0,66±0,21	0,31±0,26	-0,19±0,27	0,31±0,26
	2,10	3,13*	1,19	0,71	1,18
Количество клейковины-натура зерна	0,13±0,27	-0,51±0,23	0,12±0,24	-0,28±0,28	0,05±0,28
	0,45	2,21*	0,42	1,06	0,18
Качество клейковины стекловидность -	-0,35±0,26	-0,58±0,22	0,30±0,26	0,06±0,28	-0,24±0,27
	1,34	2,57*	1,15	0,27	0,87
Качество клейковины натура зерна	0,31±0,26	0,07±0,28	0,32±0,26	0,06±0,28	0,01±0,28
	1,18	0,26	1,23	0,27	0,01
Стекловидность- натура зерна	0,58±0,23	0,22±0,27	0,05±0,28	0,24±0,27	0,53±0,23
	2,59*	0,23	0,20	0,90	2,25*

*- достоверно на 5 % уровне значимости $t_{05} = 2,16$ **- достоверно на 1 % уровне значимости $t_{01} = 3,01$ Степени свободы 13

Приложение 13

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 12122

Пшеница мягкая озимая
Triticum aestivum L.

СТУДЕНЧЕСКАЯ НИВА

Патентообладатель
ФГБОУ ВО УЛЬЯНОВСКИЙ ГАУ

Авторы -
ГАРАНИН МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ
ЗАХАРОВ НИКОЛАЙ ГРИГОРЬЕВИЧ
ЗАХАРОВА НАДЕЖДА НИКОЛАЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8154038 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 23.11.2018 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 15.04.2022 г.

Преседатель

М.Ю. Александров

Приложение 14

ФГБУ "Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений"

Описание

селекционного достижения

(в соответствии с методикой RTG/0003/2 от 27.10.2004)

Культура: **Пшеница мягкая озимая** (*Triticum aestivum L.*)

Сорт: **СТУДЕНЧЕСКАЯ НИВА** Код: 8154038

Место (год) проведения испытаний: ЕГОРЬЕВСКАЯ ГСИС (2020, 2021)

Признак	Ст. выраженности	Индекс	Примечание
1. Колеоптиле: антоциановая окраска	отсутствует или очень слабая	1	
2. Растение: тип куста	полупрямостоячий - промежуточный	4	
3. Флаговый лист: антоциановая окраска ушек	слабая - средняя	4	
4. Растение: количество растений с наклонным флаговым листом	малое - среднее	4	
5. Время колошения	раннее	3	
6. Флаговый лист: восковой налет на влагалище	средний	5	
7. Колос: восковой налет	слабый - средний	4	
8. Соломина: восковой налет на верхнем междоузлии	средний - сильный	6	
9. Растение: длина	среднее - длинное	6	
10. Соломина: выполненность в поперечном сечении	выполнена слабо	3	
11. Колос: форма в профиль	цилиндрический	2	
12. Колос: плотность	средний	5	
13. Колос: длина (исключая ости или остевидные отростки)	короткий	3	
14. Ости или остевидные отростки: наличие	остевидные отростки	2	
15. Ости или остевидные отростки на конце колоса: длина	очень короткие - короткие	2	
16. Колос: цвет	белый	1	
17. Верхушечный сегмент оси колоса: опушение с выпуклой стороны	среднее - сильное	6	
18. Нижняя колосковая чешуя: ширина плеча	среднее	5	
19. Нижняя колосковая чешуя: форма плеча (в средней трети колоса)	прямое	5	
20. Нижняя колосковая чешуя: длина зубца	очень короткий - короткий	2	
21. Нижняя колосковая чешуя: форма зубца (в средней трети колоса)	слегка изогнут	3	
22. Нижняя колосковая чешуя: опушение внутренней стороны	очень слабое - слабое	2	
23. Нижняя цветковая чешуя: форма зубца (в средней трети колоса)	слегка изогнут - умеренно изогнут	4	
24. Зерновка: окраска	окрашенная	2	
26. Тип развития	озимый	1	

Заключение: сорт **СТУДЕНЧЕСКАЯ НИВА** явно отличается от любого другого общеизвестного сорта,
соответствует требованиям однородности и стабильности

Депонентом контрольного образца сорта является патентообладатель

Зам. председателя



/ Гончаров Ю.Л. /

Приложение 15

Хозяйственно-биологическая характеристика сортов и селекционных линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

15.1 – Урожайность, т/га (2016-2018 гг.)

Сорт	Селекционная линия	Год исследований			Среднее	+к стандарту
		2016	2017	2018		
Волжская К, стандарт		4,81	5,90	3,30	4,67	-
Студенческая нива	62	5,79	6,11	4,02	5,32	0,65
Волжский рубин	69	6,10	6,25	3,78	5,38	0,71
НСР ₀₅		0,51	0,32	0,26	-	0,65

15.2 – Урожайность, т/га (2018-2021 гг.)

Сорт	Селекционная линия	Год исследований				Среднее	+/-к стандарту
		2018	2019	2020	2021		
Фотинья, стандарт		4,01	2,74	7,20	2,86	4,20	-
	6	4,02	3,31	9,00	3,22	4,89	+0,79
	7	4,25	3,47	7,83	3,34	4,72	+0,52
Октябрьская	10	4,05	4,05	7,29	3,08	4,62	+0,42
	13	4,12	3,06	6,72	3,50	4,35	+0,15
	17	4,02	3,39	7,05	2,45	4,23	+0,03
	23	3,33	4,07	7,21	2,58	4,30	+0,1
	25	4,05	3,02	7,52	2,90	4,37	+0,17
Аккорд	32	4,42	3,87	8,68	3,08	5,01	+0,81
Студенческая нива	62	4,02	3,05	7,73	3,22	4,49	+0,29
Волжский рубин	69	3,78	2,12	7,81	2,26	3,99	-0,21
НСР ₀₅ , т/га		0,18	0,12	0,17	0,14	-	0,67

15.3 – Зимостойкость, балл (1-5)

Сорт	Селекционная линия	Год исследований				Среднее	+/- к стандарту
		2018	2019	2020	2021		
Фотинья, стандарт		4,2	3,8	5,0	5,0	4,5	-
	6	3,5	4,3	5,0	4,3	4,3	-0,2
	7	4,0	4,6	5,0	4,5	4,5	-
Октябрьская	10	4,8	4,3	5,0	4,7	4,7	+0,2
	13	4,5	4,2	5,0	4,4	4,5	-
	17	3,5	3,0	5,0	3,8	3,8	-0,7
	23	4,0	4,3	5,0	5,0	4,6	+0,1
	25	3,0	4,5	5,0	4,7	4,3	-0,2
Аккорд	32	4,0	4,9	5,0	4,9	4,7	+0,2
Студенческая нива	62	4,3	4,4	5,0	4,8	4,6	+0,1
Волжский рубин	69	4,9	3,7	5,0	4,8	4,6	+0,1
НСР ₀₅ , балл		0,7	0,5	-	0,5	-	0,6

15.4 – Масса 1000 зёрен, г

Сорт	Селекционная линия	Год исследований				Среднее	+/- к стандарту
		2018	2019	2020	2021		
Фотинья, стандарт		32,4	36,0	40,5	33,0	35,5	-
	6	42,4	43,8	53,4	38,8	44,6	+9,1
	7	40,9	41,5	48,2	40,7	42,8	+7,3
Октябрьская		38,5	45,1	47,2	34,2	41,3	+5,8
	13	42,4	50,6	54,1	42,6	47,4	+11,9
	17	35,1	42,5	45,1	29,9	38,2	+2,7
	23	33,3	40,7	44,3	33,7	38,0	+2,5
	25	34,8	37,7	45,9	37,1	38,9	+3,4
Аккорд		41,9	45,2	47,1	39,8	43,5	+8,0
Студенческая нива		39,6	45,5	47,2	38,3	42,7	+7,2
Волжский рубин		38,7	44,6	47,2	32,2	40,7	+5,2
НСР ₀₅ , г		3,4	3,0	3,6	2,8	-	3,0

15.5 – Высота растений, см

Сорт	Селекционная линия	Год исследований				Среднее	+/- к стандарту
		2018	2019	2020	2021		
Фотинья, стандарт		117	100	123	101	110	-
	6	90	87	101	84	91	-19
	7	86	84	97	74	85	-25
Октябрьская		102	89	107	79	94	-16
	13	102	91	120	87	100	-10
	17	115	115	133	105	117	+7
	23	107	87	111	90	99	-11
	25	98	90	108	75	93	-17
Аккорд		106	98	118	89	103	-7
Студенческая нива		97	95	113	93	100	-10
Волжский рубин		105	117	104	90	104	-6
НСР ₀₅ , см		9	7	9	6	-	8

15.6 – Дата колошения

Сорт	Селекционная линия	Год исследований				Среднее	+/- к стандарту
		2018	2019	2020	2021		
Фотинья, стандарт		7 VI	3 VI	8 VI	30 V	4 VI	-
	6	6 VI	2 VI	6 VI	29 V	3 VI	-1
	7	5 VI	2 VI	6 VI	29 V	3 VI	-1
Октябрьская	10	5VI	1 VI	6 VI	28 V	2 VI	-2
	13	5 VI	2 VI	5 VI	28 V	2 VI	-2
	17	10 VI	4 VI	9 VI	2 VI	6 VI	+2
	23	11 VI	5 VI	9 VI	1 VI	7 VI	+3
	25	5 VI	1 VI	5 VI	28 V	2 VI	-2
Аккорд	32	5 VI	31 VI	5 VI	28 V	2 VI	-2
Студенческая нива	62	4 VI	31 V	3 VI	28 V	1 VI	-3
Волжский рубин	69	4 VI	31 V	3 VI	27 V	1 VI	-3

15.7 – Содержание клейковины, % (А) и её качество, е.п. (В)

Сорт	Селекционная линия	Годы							
		2018		2019		2020		2021	
		А	В	А	В	А	В	А	В
Фотинья, стандарт		29,8	99,3	29,8	98,8	29,5	95,3	27,4	93,3
	6	-	-	-	-	33,0	87,5	30,6	90,1
	7	-	--	-	-	28,5	85,9	28,3	89,9
Октябрьская	10	-	-	30,0	79,6	27,1	76,7	29,1	88,9
	13	-	-	-	-	28,0	84,0	28,4	85,0
	17	-	-	33,2	72,7	29,8	90,7	24,0	76,5
	23	-	-	22,4	74,4	23,0	94,3	24,4	86,6
	25	-	-	-	-	26,6	85,7	27,8	84,8
Аккорд	32	-	-	28,6	87,9	31,4	94,2	31,1	93,4
Студенческая нива	62	32,6	82,5	31,2	93,0	29,4	80,9	26,0	83,6
Волжский рубин	69	32,0	82,9	30,3	67,9	28,2	95,8	28,4	85,6

Приложение 16

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 12179

Пшеница мягкая озимая
Triticum aestivum L.

ВОЛЖСКИЙ РУБИН

Патентообладатель
ФГБОУ ВО УЛЬЯНОВСКИЙ ГАУ

Авторы -
ГАРАНИН МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ
ЗАХАРОВ НИКОЛАЙ ГРИГОРЬЕВИЧ
ЗАХАРОВА НАДЕЖДА НИКОЛАЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8154778 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 12.12.2018 г.

ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ

ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 26.04.2022 г.

Преседатель

М.Ю. Александров

Приложение 17

ФГБУ "Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений"

**Описание
селекционного достижения**

(в соответствии с методикой RTG/0003/2 от 27.10.2004)

Культура: **Пшеница мягкая озимая**

(*Triticum aestivum L.*)

Сорт: **ВОЛЖСКИЙ РУБИН**

Код: 8154778

Место (год) проведения испытаний: ЕГОРЬЕВСКАЯ ГСИС (2020, 2021)

Признак	Ст. выраженности	Индекс	Примечание
1. Колеоптиле: антоциановая окраска	средняя - сильная	6	
2. Растение: тип куста	полупрямостоячий - промежуточный	4	
3. Флаговый лист: антоциановая окраска ушек	средняя	5	
4. Растение: количество растений с наклонным флаговым листом	среднее - большое	6	
5. Время колошения	раннее	3	
6. Флаговый лист: восковой налет на влагалище	слабый - средний	4	
7. Колос: восковой налет	слабый - средний	4	
8. Соломина: восковой налет на верхнем междоузлии	сильный	7	
9. Растение: длина	длинное	7	
10. Соломина: выполненность в поперечном сечении	выполнена слабо	3	
11. Колос: форма в профиль	пирамидальный	1	
12. Колос: плотность	средний	5	
13. Колос: длина (исключая ости или остевидные отростки)	короткий	3	
14. Ости или остевидные отростки: наличие	остевидные отростки	2	
15. Ости или остевидные отростки на конце колоса: длина	очень короткие - короткие	2	
16. Колос: цвет	белый	1	
17. Верхушечный сегмент оси колоса: опушение с выпуклой стороны	слабое - среднее	4	
18. Нижняя колосковая чешуя: ширина плеча	среднее - широкое	6	
19. Нижняя колосковая чешуя: форма плеча (в средней трети колоса)	закругленное - прямое	4	
20. Нижняя колосковая чешуя: длина зубца	короткий	3	
21. Нижняя колосковая чешуя: форма зубца (в средней трети колоса)	слегка изогнут	3	
22. Нижняя колосковая чешуя: опушение внутренней стороны	очень слабое	1	
23. Нижняя цветковая чешуя: форма зубца (в средней трети колоса)	слегка изогнут - умеренно изогнут	4	
24. Зерновка: окраска	окрашенная	2	
26. Тип развития	озимый	1	

Заключение: сорт **ВОЛЖСКИЙ РУБИН** явно отличается от любого другого общезвестного сорта, соответствует требованиям однородности и стабильности

Депонентом контрольного образца сорта является патентообладатель

Зам. председателя



/ Гончаров Ю.Л. /

Приложение 19



ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ 2022

XXIV ВСЕРОССИЙСКАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

СЕРЕБРЯНОЙ МЕДАЛЬЮ

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
г. Ульяновск**

«За сорта озимой мягкой пшеницы селекции Ульяновского ГАУ»

МИНИСТР СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Д.Н. ПАТРУШЕВ

Приложение 20

Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы (т/га) в сортоиспытании

Ульяновской области

Сорт	Год урожая				Среднее
	2016	2017	2018	2019	
Чердаклинский ГСУ					
Фотинья, стандарт	4,70	6,06	1,94	3,00	3,93
Базальт	4,99	6,09	2,01	3,52	4,15
Боярыня	4,66	6,44	1,34	2,89	3,83
Волжская К	3,99	6,45	2,25	3,37	4,02
Марафон	3,75	4,83	2,43	2,70	3,43
Новоершовская	4,65	6,28	2,01	3,00	3,99
Саратовская 17	4,38	5,71	1,76	2,74	3,65
Скипетр	4,04	5,07	1,68	2,50	3,32
Универсиада	3,92	5,53	1,95	2,57	3,49
Харьковская 92	3,91	6,31	2,16	2,63	3,75
НСР ₀₅ , т/га	0,75	0,18	0,30	0,19	0,41
Ульяновский ГСУ					
Фотинья, стандарт	3,83	6,24	4,82	1,92	4,20
Базальт	3,95	6,66	4,20	1,93	4,19
Боярыня	4,56	6,54	4,74	2,06	4,48
Волжская К	3,00	6,66	4,10	1,97	3,93
Марафон	3,61	5,96	4,34	1,92	3,96
Новоершовская	4,26	5,90	4,58	2,01	4,19
Саратовская 17	4,16	5,49	4,56	1,98	4,05
Скипетр	3,55	6,35	4,70	2,13	4,18
Универсиада	3,02	5,86	4,00	1,93	3,70
Харьковская 92	4,06	5,54	4,65	1,84	4,02
НСР ₀₅ , т/га	0,27	0,30	0,36	0,12	0,31
Сурский ГСУ					
Фотинья, стандарт	2,73	5,90	2,49	2,52	3,41
Базальт	3,02	5,29	2,53	2,31	3,29
Боярыня	3,57	5,94	2,76	1,81	3,52
Волжская К	2,65	6,07	2,35	1,42	3,12
Марафон	3,51	6,03	2,83	2,32	3,67
Новоершовская	2,25	5,98	2,65	2,60	3,37
Саратовская 17	2,79	5,98	2,60	2,22	3,40
Скипетр	2,48	6,35	2,66	2,86	3,60
Универсиада	3,91	5,70	2,45	2,25	3,58
Харьковская 92	3,33	5,56	2,64	2,22	3,44
НСР ₀₅ , т/га	0,56	0,24	0,17	0,11	0,27
Новоспаский ГСУ					
Фотинья, стандарт	3,25	5,83	4,90	2,75	4,18
Базальт	3,95	6,62	4,91	2,99	4,62
Боярыня	3,79	7,02	5,19	3,30	4,83
Волжская К	3,21	5,98	4,10	2,12	3,85
Марафон	3,14	6,83	5,04	2,86	4,47
Новоершовская	2,96	6,84	4,95	3,18	4,48
Саратовская 17	3,61	6,21	5,09	2,69	4,40
Скипетр	3,21	7,05	5,10	2,85	4,55
Универсиада	3,87	6,06	4,36	2,86	4,29
Харьковская 92	3,70	6,64	5,21	3,00	4,64
НСР ₀₅ , т/га	0,19	0,24	0,31	0,16	0,23

Приложение 21

Значимость и вклад факторов (год (*A*), сорт (*B*) и их взаимодействия) в формирование урожайности зерна озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	Вклад фактора, %
Заволжская зона						
Общее	379,06	159	–	–	–	–
Повторения	0,14	3	0,05	4,7	2,70	0,04
Год (<i>A</i>)	351,62	3	117,2	11400,1	2,70	92,8*
Сорт (<i>B</i>)	11,03	9	1,2	119,2	1,97	2,9*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	15,05	27	0,6	54,2	1,60	3,97*
Остаток	1,20	117	0,01	–	–	0,3
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,04 т/га			НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,07 т/га			
Центральная зона						
Общее	375,1	159	–	–	–	–
Повторения	0,3	3	0,1	8,5	2,7	0,1
Год (<i>A</i>)	354,3	3	118,1	11487,9	2,7	94,4*
Сорт (<i>B</i>)	6,2	9	0,7	66,5	2,0	1,6*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	13,3	27	0,5	47,8	1,6	3,5*
Остаток	1,2	117	0,0	–	–	0,3
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,04 т/га			НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,07 т/га			
Западная зона						
Общее	351,2	159	–	–	–	–
Повторения	0,2	3	0,1	6,4	2,7	0,1
Год (<i>A</i>)	329,8	3	109,9	11742,7	2,7	93,9*
Сорт (<i>B</i>)	3,7	9	0,4	44,5	2,0	1,1*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	16,4	27	0,6	64,8	1,6	4,7*
Остаток	1,1	117	0,0	–	–	0,3
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,04 т/га			НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,07 т/га			
Южная зона						
Общее	338,0	159	–	–	–	–
Повторения	0,2	3	0,1	6,7	2,7	0,1
Год (<i>A</i>)	316,4	3	105,5	11627,2	2,7	93,6*
Сорт (<i>B</i>)	10,7	9	1,2	131,0	2,0	3,2*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	9,6	27	0,4	39,3	1,6	2,8*
Остаток	1,1	117	0,0	–	–	0,3
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,04 т/га			НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,07 т/га			

*- достоверно на 5 % уровне значимости

Приложение 22

Значимость и вклад факторов (пункт ГСУ (*A*), сорт (*B*) и их взаимодействия) в формирование урожайности озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	Вклад фактора, %
2016 г.						
Общее	67,6	159	–	–	–	–
Повторения	0,3	3	0,1	7,1	2,7	0,4
Пункт ГСУ (<i>A</i>)	34,8	3	11,6	810,6	2,7	51,5*
Сорт (<i>B</i>)	11,3	9	1,3	88,0	2,0	16,8*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	19,5	27	0,7	50,5	1,6	28,9*
Остаток	1,7	117	0,01	–	–	2,5
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,05		НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,08				
2017 г.						
Общее	41,5	159	–	–	–	–
Повторения	0,3	3	0,1	10,6	2,7	0,8
Пункт ГСУ (<i>A</i>)	10,6	3	3,5	320,5	2,7	25,5*
Сорт (<i>B</i>)	7,0	9	0,8	70,4	2,0	16,8*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	22,2	27	0,8	74,8	1,6	53,7*
Остаток	1,3	117	0,01	–	–	3,1
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,05 т/га		НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,07 т/га				
2018 г.						
Общее	255,8	159	–	–	–	–
Повторения	0,1	3	0,0	3,1	2,7	0,0
Пункт ГСУ (<i>A</i>)	242,9	3	81,0	10914,9	2,7	95,0*
Сорт (<i>B</i>)	3,9	9	0,4	58,4	2,0	1,5*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	8,1	27	0,3	40,3	1,6	3,2*
Остаток	0,9	117	0,0	–	–	0,3
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,04 т/га		НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,06 т/га				
2019 г.						
Общее	39,7	159	–	–	–	–
Повторения	0,1	3	0,0	4,4	2,7	0,2
Пункт ГСУ (<i>A</i>)	25,0	3	8,3	1402,3	2,7	63,1*
Сорт (<i>B</i>)	3,0	9	0,3	56,1	2,0	7,6*
Взаимодействие (<i>A</i> × <i>B</i>)	10,9	27	0,4	67,7	1,6	27,4*
Остаток	0,7	117	0,0	–	–	1,8
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,03 т/га		НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,05 т/га				

*- достоверно на 5 % уровне значимости

Приложение 23

Значимость и вклад факторов (пункт ГСУ (*A*), год (*B*), сорт (*C*)) в формирование урожайности озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}	Вклад фактора, %
Общая	1533,4	639	-	-	-	-
Повторений	0,6	3	0,2	24,6	2,70	0,04
1-го (<i>A</i>) фактора	87,5	3	29,2	3333,8	2,70	5,7*
2-го (<i>B</i>) фактора	1129,0	3	376,3	43019,1	2,70	73,6*
3-го (<i>C</i>) фактора	9,7	9	1,1	122,7	1,97	0,6*
Взаимодействия <i>AB</i>	225,7	9	25,1	2866,7	1,97	14,7*
Взаимодействия <i>BC</i>	15,5	27	0,6	65,4	1,60	1,0*
Взаимодействия <i>AC</i>	21,9	27	0,8	92,9	1,60	1,4*
Взаимодействия <i>ABC</i>	38,7	15	2,6	295,2	1,80	2,5*
Остаток (ошибки)	4,8	543	0,01	-	-	0,1
НСР ₀₅ (<i>A</i>) = 0,63 т/га НСР ₀₅ (<i>B</i>) = 0,63 т/га НСР ₀₅ (<i>C</i>) = 0,41 т/га						

*- достоверно на 5 % уровне значимости