

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Захарова Н.Н, Исайчев В.А., Захаров Н.Г.**

**ОСНОВЫ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ
ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Монография



Ульяновск 2022

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

Захарова Н.Н., Исайчев В.А., Захаров Н.Г.

**ОСНОВЫ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ
ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Монография

Ульяновск 2022

УДК 631.52:633.11
ББК 41.3

Захарова Н.Н. Основы адаптивной селекции озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья: монография / Н.Н. Захарова, В.А. Исайчев, Н.Г. Захаров. – Ульяновск: УлГАУ, 2022. – 216 с.

Рецензенты:

Исмагилов Р.Р., доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, член корреспондент АН Республики Башкортостан;

Низамов Р.М., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, руководитель ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН;

Воротников И.Л. проректор по научной и инновационной работе, доктор экономических наук, профессор; Еськов И.Д., доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова

В монографии представлены теоретические и практические результаты многолетних научных исследований, проведенных с озимой мягкой пшеницей в Ульяновской области. Рассматривается возможность увеличения урожайности культуры в регионе и стабилизации производства зерновой продукции за счёт повышения и максимального использования её адаптивного потенциала, селекционного улучшения.

Книга рассчитана для селекционеров, научных работников, аспирантов, руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий, студентов старших курсов биологических и сельскохозяйственных специальностей.

Рассмотрено и рекомендовано к изданию Научно-техническим советом ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ (протокол № 2 от 18 октября 2022 г.)

ISBN 978-5-6046667-9-1

© Захарова Н.Н., Исайчев В.А., Захаров Н.Г.

© ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2022



СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОЗИМАЯ МЯГКАЯ ПШЕНИЦА В УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ	7
2 ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКИ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	15
2.1 Объекты и методики исследований	15
2.2 Условия проведения исследований	19
2.2.1 Природно-климатическая характеристика Ульяновской области	19
2.2.2 Почвенные, агротехнические и погодные условия при проведении полевых исследований	24
3 ДИНАМИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЕКЦИЮ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	28
3.1 Динамика агроклиматических ресурсов	28
3.2 Теоретическое обоснование потенциальной урожайности озимой мягкой пшеницы по обеспеченности Ульяновской области агроклиматическими ресурсами	41
4 ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ВЗАИМОСВЯЗИ И ИСТОЧНИКИ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ	51
4.1 Зимостойкость озимой мягкой пшеницы	51
4.1.1 Факторы перезимовки в лесостепи Среднего Поволжья и сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по зимостойкости	51
4.1.2 Зимостойкость и урожайность	63
4.2 Вегетационный период озимой мягкой пшеницы	70
4.2.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по дате колошения	70
4.2.2 Вегетационный период и зимостойкость	82
4.2.3 Вегетационный период и урожайность	88
4.2.4 Вегетационный период и масса 1000 зёрен	93
4.3 Высота растений озимой мягкой пшеницы	99

4.3.1	Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по высоте растений	99
4.3.2	Высота растений и зимостойкость	106
4.3.3	Высота растений и вегетационный период	113
4.3.4	Высота растений и устойчивость к полеганию	117
4.3.5	Высота растений и урожайность	120
4.4	Урожайность озимой мягкой пшеницы	126
4.4.1	Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по урожайности	126
4.4.2	Структура урожайности озимой мягкой пшеницы	133
4.4.2.1	Густота продуктивного стеблестоя и показатели её обуславливающие	133
4.4.2.2	Продуктивность главного колоса и элементы её структуры	147
4.5	Оценка параметров экологической адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы по показателю «урожайность зерна»	157
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	172
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	176
	ПРИЛОЖЕНИЯ	201

ВВЕДЕНИЕ

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 агротехнологий. 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. Важными характеристиками сортов являются также продолжительность вегетационного периода, высота растений и их устойчивость к полеганию. В современных условиях адаптивный потенциал сорта становится одним из основных критериев его производственной ценности.

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 разных 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 и

качества её зерна по годам. 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 адаптивности 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.

В представленной работе 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, обосновано формирование потенциальной урожайности культуры по обеспеченности климатическими ресурсами. Дана комплексная оценка имеющих адаптивное значение морфобиологических показателей сортов и коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения, выявлена их изменчивость, установлены корреляционно-регрессионные зависимости между ними, теоретически обосновано их селекционное использование. 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. Установлены показатели, по которым эффективны отборы в селекционном процессе культуры и свойственна высокая отзывчивость на улучшение условий возделывания. В зоне проведения исследований для возделываемого в производстве сортимента озимой мягкой пшеницы определены параметры экологической адаптивности по показателю «урожайность зерна». В результате изучения исходного материала выделены источники отдельных и комплекса хозяйственно-ценных показателей, которые рекомендованы для адаптивной селекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

1. 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 1). В структуре посевных площадей области (1026 тыс. га) пшеница мягкая занимает первое место [Абрамова Т.В., 2020; Ульяновскстат. URL: <https://uln.gks.ru/>].

Таблица 1 – 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 Центральном-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 1) 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 пшеница в Ульяновской области при условии хорошей перезимовки почти всегда показывает более высокую урожайность в сравнении с яровой пшеницей. Так, за 20-и летний период (2000-2020 гг.) яровая пшеница превосходила озимую пшеницу по урожайности лишь 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.

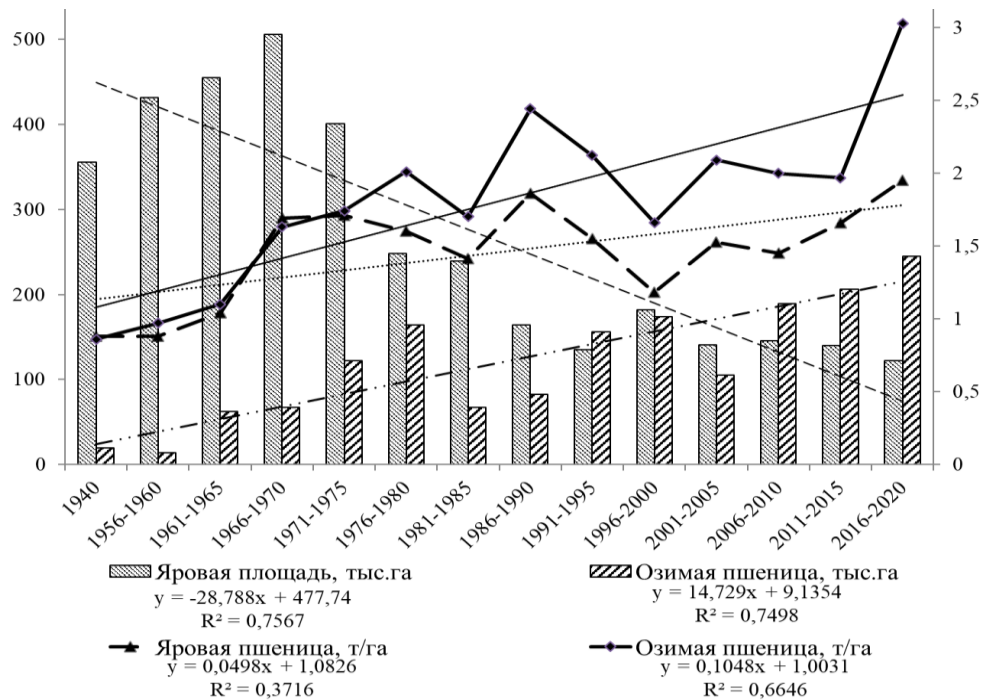


Рисунок 1 – Динамика производства яровой и озимой пшеницы в Ульяновской области (1940-2020 гг.)

На графиках корреляционно-регрессионного анализа 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 условиями в весенне-летний период вегетации, которые в большей степени сказываются на продуктивности этой культуры, 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^A]. 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 райони-

рованы 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 федерального 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 (МИП) 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^A]. 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 2).

Таблица 2 – Сортовой состав озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 2018 г. *

Сорт	Регион выведения	Регион допуска	Площадь в области	
			га	%
1	2	3	4	5
Волжская К	Средне-волжский (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
Итого по региону			26606	10
Саратовская 17	Нижне-волжский (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
Итого по региону			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
Итого по региону			64161	24,2
Базальт	Центрально-Черноземный (5)	5, 7, 8	2873	1,1
Льговская 4		5, 7	226	0,1

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Итого по региону			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
Итого по региону			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
Итого			44561	16,8
Несортовые посевы			62365	23,5
Всего			265300	100

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

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. более 80,0 % площади под озимой пшеницей в области (92,9 тыс. га) было занято тремя сортами – Мироновская 808 (18,9 %), Харьковская 92 (41,4 %), Базальт (21,9 %). В 2012 г. лидировали по посевным площадям Харьковская 92 (31,1 %), Мироновская 808 (20,3 %), Бирюза (14,1 %), Московская 39 (11,5 %), что в сумме составляло 77,0 % площади посева озимой пшеницы в регионе (178,8 тыс. га).

В 2018 г. почти половину посевной площади культуры (268,0 тыс. га) занимали сорта Скипетр (16,6 %), Марафон (14,7 %), Харьковская 92 (13,9 %). В последние годы площадь посева сорта Мироновская 808 сократилась и на 2018 г. составила 7661 га (2,9 %). Сорт озимой пшеницы Харьковская 92 (Институт растениеводства имени В.Я. Юрьева, Украина) возделывается в Ульяновской области более четверти века (с 1993 г.). В течение 10 лет (1997-2007 гг.) он являлся стандартом в сортоиспытании озимой пшеницы Ульяновской области. В современных услови-

ях широкое распространение в регионе имеют также сорта озимой пшеницы отечественной селекции Скипетр и Марафон, допущенные в производство с 2009 г.

По территориальному делению государственного сортоиспытания Российской Федерации Ульяновская, Самарская и Пензенская области, республики Татарстан и Мордовия входят в Средневожский регион [Государственный реестр..., 2021]. Почти одна треть (9 из 31) сортов озимой мягкой пшеницы, возделываемых в Ульяновской области, выведены в Средневожском регионе и возделываются на площади 26606 га (10 % от общей площади посева культуры). Большинство пшениц (22 сорта) инорайонной селекции – созданы в научных учреждениях Нижневожского, Северокавказского, Центрального и Центрально-черноземного регионов России (131768 га или 49,7 %), а также Украины и Германии (44561 га или 16,8 %).

Среди возделываемого в области в 2018 г. сортифта пшениц 10 сортов (Смуглянка, Калач 60, Московская 40, Московская 56, Немчиновская 17, Немчиновская 24, Немчиновская 57, Гром, Ермак, Торрилд) имели в Госреестре другие регионы допуска, а не Средневожский регион. Вышеуказанные сорта или не прошли испытаний на хозяйственную полезность на сортоучастках Средневожского региона, или не были заявлены для испытаний по данному региону. Занимаемая ими площадь в области составляла 14380 га, или 5,4 %.

В Ульяновской области на значительной площади выращиваются несортные посева озимой пшеницы (62615 га или 23,5 %), по которым утеряны сортные документы, или посева, 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.

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».

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 3).

Таблица 3 – 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			
Волжская С ₃		Базальт	Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева
Ресурс	Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ	Марафон	АНЦ «Донской»
Безенчукская 380		Мироновская 808	МИП им. В.Н. Ремесло (Украина)
Светоч		Харьковская 92	ИР им. В.Я. Юрьева (Украина)
Санта			
Бирюза	Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ, НЦЗ им. П.П. Лукьяненко		

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 2).



Рисунок 2 – 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). Учет перезимовавших растений осуществляли весной после начала отрастания подсчетом живых и погибших растений [Коновалов Ю.Б., 2014].

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 4, рисунок 3).

Таблица 4 – 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
Всего:	49	Уругвай	1
		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].

Результаты исследований обработаны методами дисперсионного, вариационного и корреляционно-регрессионного



Рисунок 3 – Общий вид коллекционного питомника озимой пшеницы в 2012 г.

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).

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 занимает северные и северо-восточные склоны Приволжской возвышенности (высота до 353 м), являющейся водоразделом рек Волги и Суры. Эта часть территории области представляет собой высоко расположенную волнистую равнину, сильно расчлененную сравнительно густой сетью рек, оврагов и балок. Левобережная часть области относится к низменному Заволжью, которое представляет собой древнюю долину реки Волги, русло которой на протяжении длительного времени постоянно смещалось к западу, оставляя за собой равнинные пространства. Районы левобережной части, по сравнению с правобережными районами, отличаются значительно меньшей высотой местности и более спокойным равнинным характером местности [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, различающихся условиями почвообразования. Наиболее распространёнными являются 2 типа почв: чернозёмы и серые лесные почвы, гораздо реже встречаются дерново-

карбонатные почвы (на известковых меловых склонах), луговые солоды (в поймах рек), дерново-подзолистые почвы и боровые пески (подзолистые почвы), болотные почвы [Почвы Поволжья, 1974; Дозоров А.В., 2017; Куликова А.Х., 2017].

Р.К. Ключкина (2013) сообщает, что в настоящее время удельный вес наиболее распространенных на территории области типов почв сельскохозяйственных угодий составляет: чернозёмные почвы – 64,2 %; серые лесные почвы – 22,8 %; дерново-карбонатные почвы – 5,4 %. Чернозёмы распространены по всей области, и большая их часть давно распаханна. Среди них 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 нояб-

ря. 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 5) – Западная, Центральная, Заволжская и Южная [Захаров В.Г., 2012; Переведенцев Ю.П., 2012; Дозоров А.В., 2017; Захарова Н.Н., 2020].

Таблица 5 – 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 6), с колебаниями, в зависимости от зоны от 4,1 °С (Западная зона) до 4,9 °С (Южная зона). 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 среднепогодным 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).

Таблица 6 – Зональные показатели климата в Ульяновской области (1961-2010 гг.) [по Ю.П. Переведенцеву и Р.Б. Шариповой, 2012]

Показатель	Среднее по области	Агроклиматические зоны			
		Западная	Центральная	Заповолжская	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

Переход среднесуточной температуры через $+10^{\circ}\text{C}$ происходит в зависимости от зоны области 26-29 апреля. Активная вегетация 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°C . Имеется тенденция роста данного показателя на 4°C 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, в том числе за зимний период 91 мм (19 %), весной 93 мм (19 %), летом 177 мм (36 %), осенью 126 мм (26 %). 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°C 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, среднетощный, по гранулометрическому составу среднесуглинистый. Пахотный горизонт ($A_{\text{пах.}}$) до 25 см, темный, зернисто-пылеватоккомковатый, 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), с глубиной переходящая в нейтральную, а затем слабощелочную. Сумма поглощенных оснований в верхнем горизонте составила 28,8-39,0 мг-эквивалент на 100 г почвы, 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.

Технология выращивания озимой мягкой пшеницы соответствовала региональным рекомендациям по возделыванию озимых зерновых культур [Дозоров А.В., 2017]. Полевые опыты закладывались по чистому пару. Посев опытов осуществляли в оптимальные сроки (25 августа-5 сентября) сеялкой ССФК 6-10 или вручную (в зависимости от опыта), производственные опыты – СЗП-3,6. Весной после начала отрастания все посевы озимой пшеницы подкармливали аммиачной селитрой 1,0 ц/га (34 кг д.в./га) с последующим боронованием ротационной бороной БРН-12. В течение лета по мере появления сорняков проводили ручные прополки. В годы с сильным засорением посевов применяли химическую прополку посевов озимой мягкой пшеницы гербицидами. Фунгицидная и инсектицидная обработки на селекционных посевах отсутствовали. Уборку осуществляли комбайном Terrion SR-2010 по мере достижения восковой спелости зерна, микроделяночные опыты – вручную с последующим 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 разнобразный спектр лимитирующих факторов среды, характерных для Ульяновской области, что позволило дать всестороннюю оценку изучаемому материалу (таблица 7).

Время возобновления весенней вегетации (ВВВ) озимой

Таблица 7 – 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, 2017	-	2020	-	-	-	2015	2018	2014, 2019	-	2016	-	2012, 2013	2021	-

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 (см. таблицу 7).

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.

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 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; Шиловская С.А., 2014; 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 [Белолубцев 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 основной и экономически значимой культурой в земледелии Ульяновской области. Её площади посева в 2020, 2021 гг. составляли более ¼ 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 значительной степени обусловлена скла-

дывающимися погодными условиями [Андреева З.В., 2008; 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. Для всех рядов данных приведены линейные тренды за период 1992-2021 гг., характеризующие среднюю скорость изменения анализируемого параметра за последние 30 лет (1992-2021 гг.). Критерием отбора наилучшей формы тренда явился коэффициент детерминации R^2 , показывающий вклад линейного тренда в общую дисперсию изменения изучаемого признака. Статистическая значимость трендов оценивалась по критерию Стьюдента, который при объеме выборки за 30 лет и уровне вероятности 95 %, соответствует значению $R^2 \geq 0,12$.

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-ти летний период прирост температуры составил $1,34$ °C (рисунок 4). 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 осенний 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 кущения.

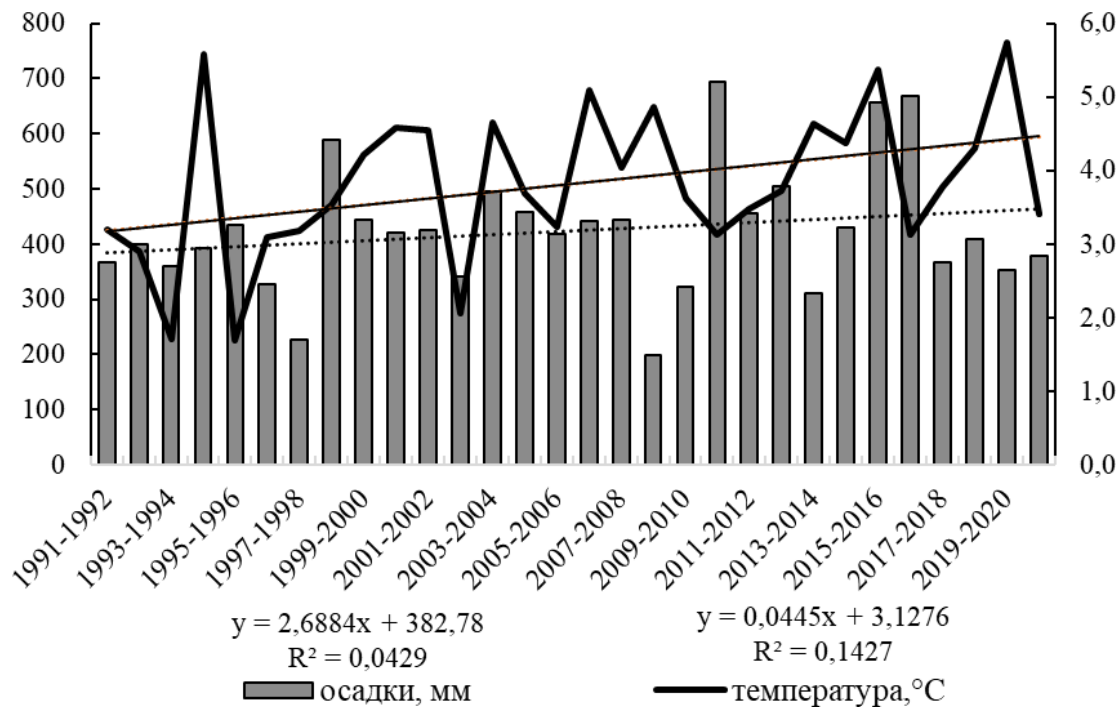


Рисунок 4 – Динамика температуры воздуха (°C) и осадков (мм) за период посев-уборка озимой пшеницы, 1992-2021 гг.

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 кущения.

Согласно временным рядам, увлажнённости предпосевного периода (ГТК август), в целом за 30-ти летний отрезок времени не претерпел изменений (рисунок 5). Увлажнённости сентября имеет тенденцию увеличения. Варьирование увлажнённости месяцев августа и сентября статистически не значимы ($R^2 = 0,0002$ и $R^2 = 0,014$ соответственно).

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 6).

Особенностью предпосевного периода озимой пшеницы (август) и послепосевного (сентябрь-октябрь) является очень высокая вариабельность количества осадков – $V = 66,0$ и $51,9$ % соответственно (таблица 8).

Это обстоятельство не может гарантировать ежегодное получение в условиях Ульяновской области своевременных и дружных всходов озимой пшеницы, зачастую не позволяет растениям 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 отсутствия или слабого кущения растений, независимо от последующих условий увлажнения весной и летом урожайность озимой пшеницы на 40 % 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 исследования менее значительно – $V = 11,7$ %.

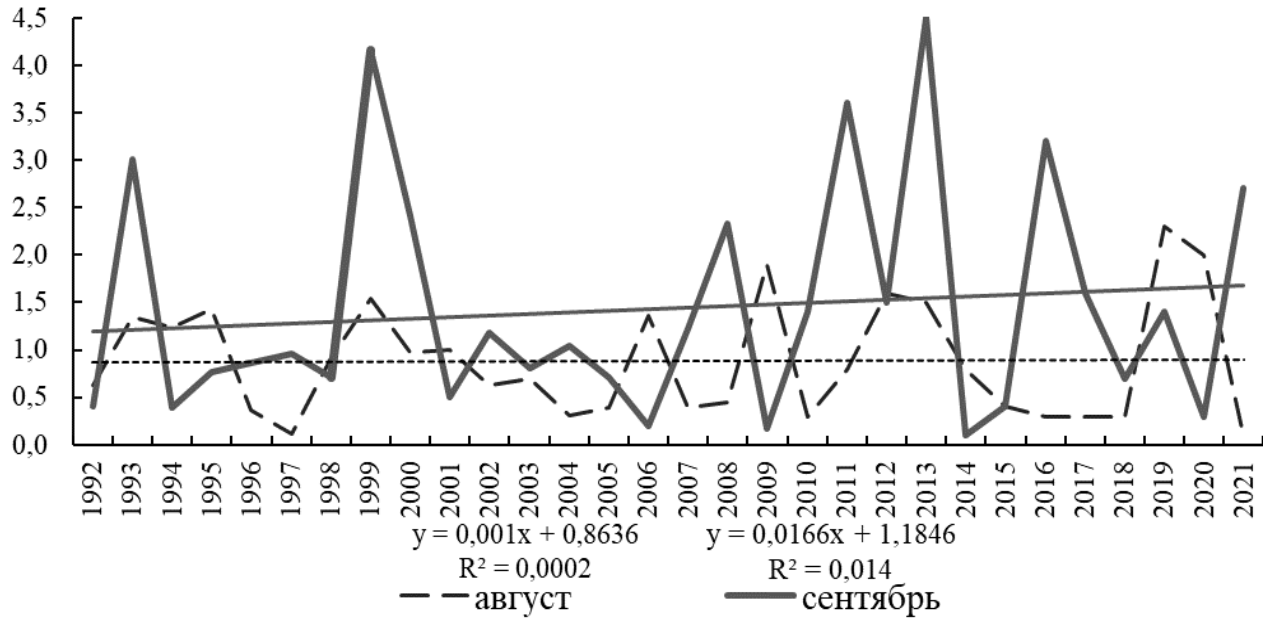


Рисунок 5 – Динамика ГТК август-сентябрь в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

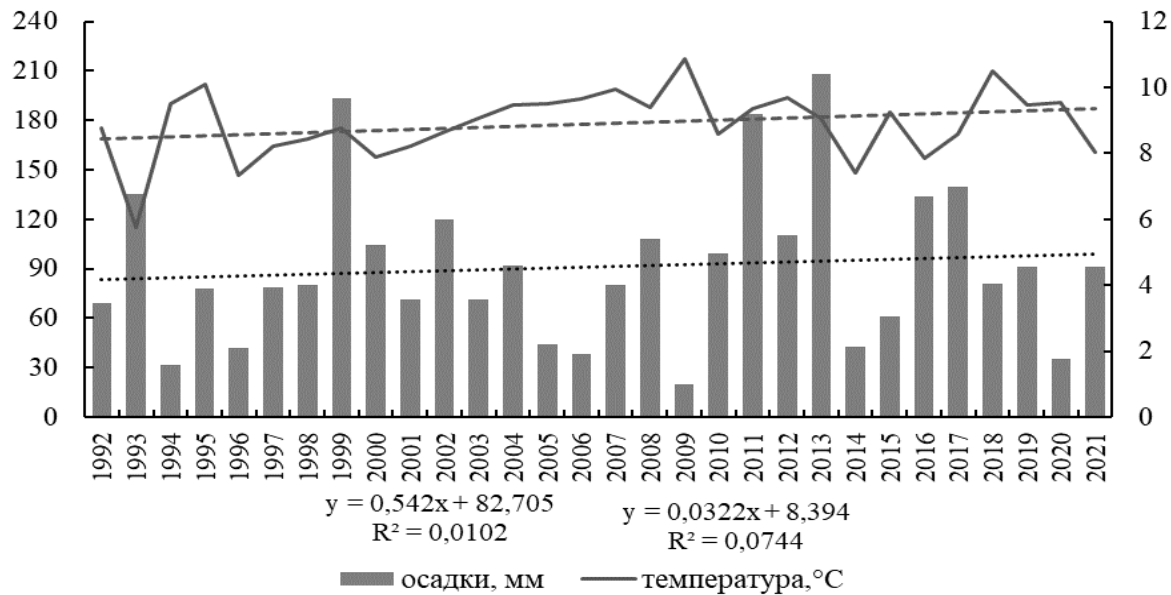


Рисунок 6 – Динамика температуры воздуха и осадков в осенний период вегетации озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

Таблица 8 – Метеорологические факторы и их вариабельность в условиях Ульяновской области при возделывании озимой мягкой пшеницы (2012-2021 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

Важное значение в продукционном процессе озимой пшеницы имеют также метеорологические условия холодного периода года. А.И. Белолобцев с соавторами (2012) полагают, что термический режим и режим осадков являются основными средообразующими факторами, обеспечивающими безопасную перезимовку растений и, именно они во многом определяют экономическую эффективность возделывания зимующих культур.

Результаты оценки гидротермических условий Ульяновской области в холодный период года (ноябрь-март) показали, что количество осадков увеличивается на 1,69 мм в год (рисунок 7). 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 °С в год, за весь анализируемый период исследований – на 1,8 °С. При этом тенденция увеличения температуры воздуха в холодный период года статистически не подтверждена – $R^2 = 0,064$.

И температура воздуха, и осадки показали сильную варибельностью по годам исследований – $V = 32,0$ и $27,6$ % соответственно (см. таблицу 8). 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.

Последствия неблагоприятных агрометеорологических условий зимних периодов и вызванных ими повреждений негативным образом сказываются на дальнейшем состоянии растений озимой мягкой пшеницы. Даже при оптимальном сочетании элементов погоды в последующий весенне-летний период продуктивность культуры 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

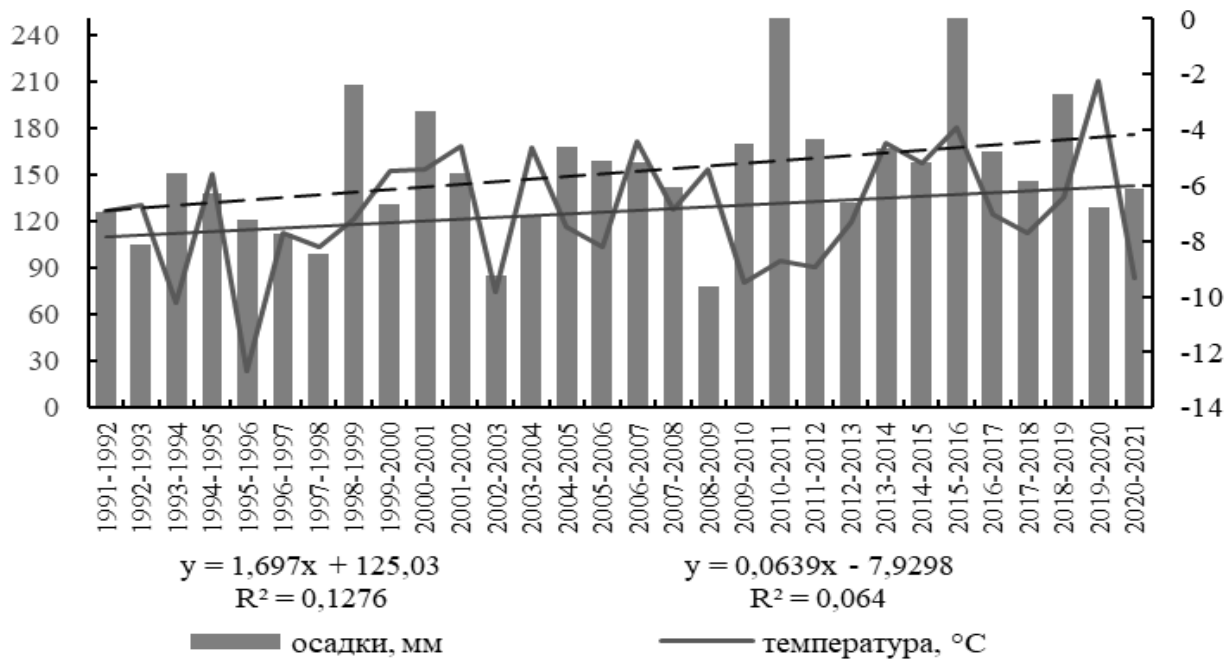


Рисунок 7 – Динамика температуры и осадков в холодный период года (ноябрь-март) в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

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 8).

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 – $V = 7,8\%$ и сильную изменчивость количества осадков – $V = 36,9\%$ (см. таблицу 8). 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 9). 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.

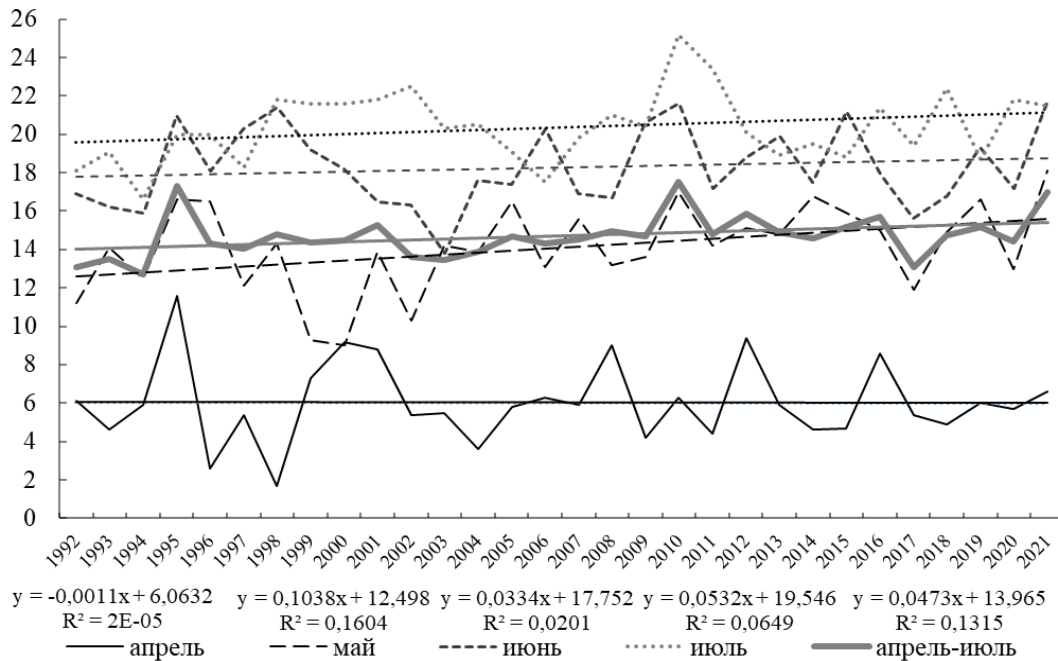


Рисунок 8 – Динамика температуры воздуха в весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

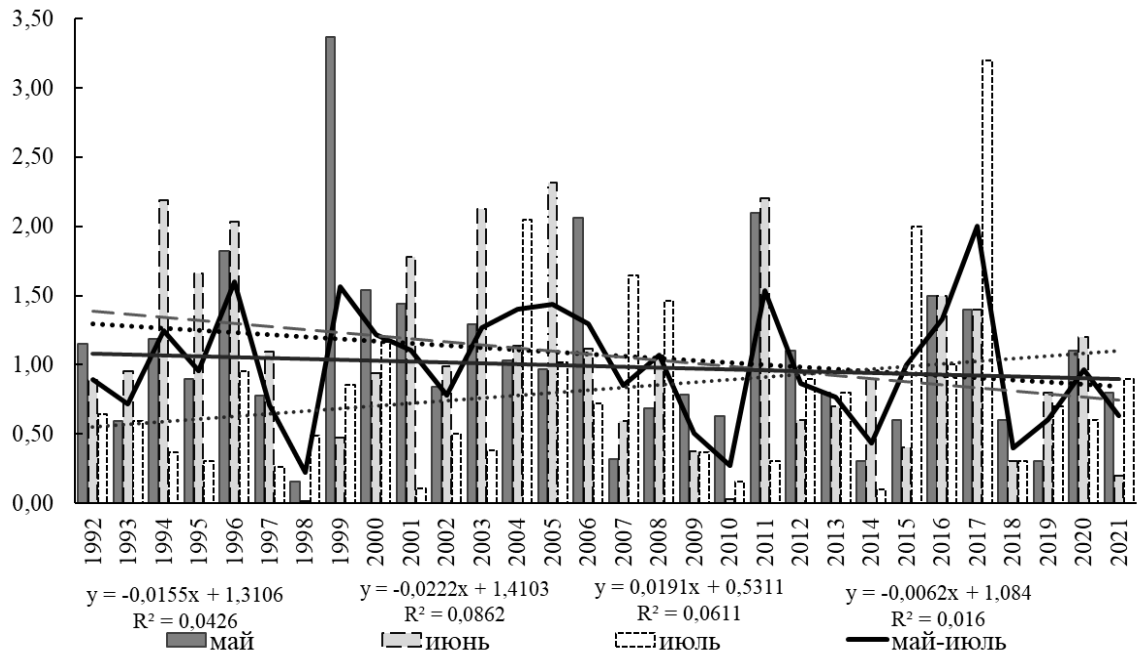


Рисунок 9 – Динамика ГТК в весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области, 1992-2021 гг.

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, достоверность 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 $0,0445$ °C в год или на $1,34$ °C за 30 лет;
- увеличение температуры воздуха в целом за весенне-летний период вегетации озимой пшеницы на $0,0473$ °C в год или на $1,42$ °C за 30 лет;
- увеличение температуры воздуха в майский этап весенне-летнего периода вегетации озимой пшеницы на $0,1$ °C в год или на $3,1$ °C 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 современного климата Ульяновской области характерна контрастность режима осадков на всех рассматриваемых этапах выращивания озимой пшеницы, а также в предпосевной его период ($V = 27,6-66,0$ %). 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.

Знание тенденций изменения погодных факторов является важным как при разработке адаптивной технологии возделывания озимой мягкой пшеницы, одним из элементов которой является сорт растений, так и при построении адаптивной системы селекции исследуемой культуры.

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. Уровень урожайности той или иной культуры зависит от её биологически обусловленных продукционных возможностей, генетически заложенного потенциала продуктивности возделываемого сорта, используемых агротехнологий, прихода фотосинтетической активной радиации (ФАР), плодородия почвы, метеорологических условий [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 ре-

ально 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». Известно, что процесс формирования биомассы, её количества, качества, энергоемкости, обусловлен, прежде всего, совокупностью многочисленных высокоэнергетических процессов фотосинтетической деятельности, совершаемой за счет не только приходящей, но и поглощаемой и используемой лучистой энергии солнца [Ничипорович А.А., 1963; Шульгин И.А., 1973; 2015].

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]. Большая часть ФАР расходуется на фотодыхание, фототранспирация и часть низкоэнергетических информационно-регуляторных процессов фотоморфогенеза [Абрамов Н.В., 2009; Шульгин И.А., 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):

$$\text{ПУ}_{\text{биол.}} = \sum Q \times \eta / 100 \times q,$$

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.

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

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:

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

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 полу-

чена 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 использовать 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. Храмова Е.В. (2004) сообщает, что в процессе окультуривания пшеницы наблюдается «парадокс Эванса» – эффект снижения интенсивности фотосинтеза единицей площади листа. Автором дана детальная характеристика фототрофных тканей листа 26 культурных видов пшеницы и диких предковых форм, которые могут быть использованы селекционерами при выведении сортов с оптимальной структурой листа, обеспечивающей более эффективный фотосинтез.

М.К. Каюмов (1989) отмечает, что получение урожайности по приходу ФАР может ограничиваться другими факторами жизни растений – углекислотой, плодородием почвы, реакцией почвенного раствора, воздушным режимом, влагой. Согласно С.Н. Пономареву (2013), «...в условиях достаточной влагообеспеченности растения максимально используют солнечную энергию и накапливают наибольшее 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 9).

Таблица 9 – Агроклиматическая обеспеченность озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области

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

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 10).

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

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

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.).

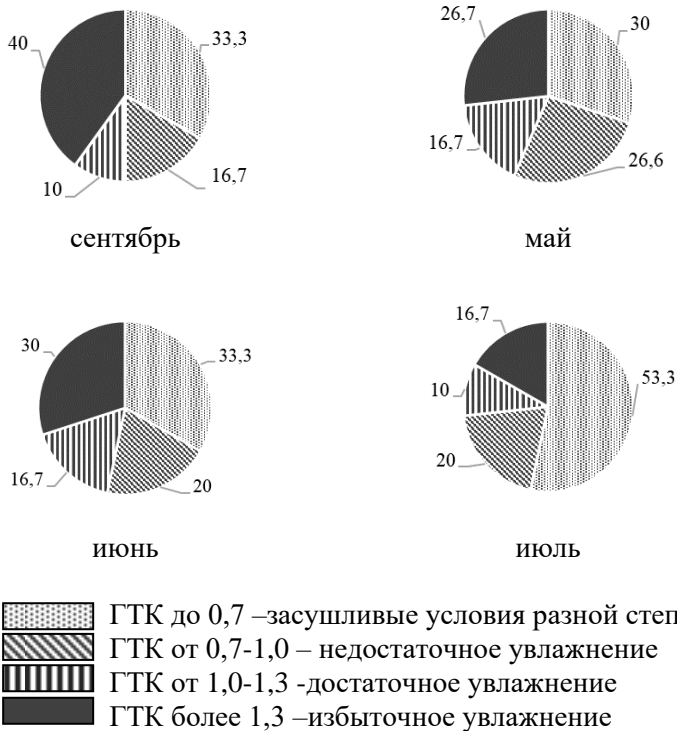


Рисунок 10 – Вероятность (%) различной степени увлажнения по ГТК в осенний и весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы, 2012-2021 гг.

Принято считать, что примерно 25 % выпавших осадков составляют непроизводительные расходы на сток и испарение. Таким образом, максимальная влагообеспеченность будет равна – $W = 188 + 272 = 460$ мм. При коэффициенте водопотребления ($Kв$) 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.

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

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. Критическими для исследуемой культуры можно считать периоды, в которые идет закладка элементов структуры урожайности, протекают процессы гаметогенеза, приходящиеся в условиях области преимущественно 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). Применение этого показателя является основой при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия и программ сельскохозяйственной деятельности с оптимальной нагрузкой на экосистему, определении структуры и ассортимента сельскохозяйственных культур, отраслевой специализации производства [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 ос-

нове относительных значений БКП.

Механизм расчета БКП по П.И. Колоскову (1963), учитывающего запросы отдельных культур на конкретной территории, использован в данной работе.

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

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 увлажненности

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

W – водообеспеченность культур за период вегетации, мм; $\sum P$ – суммарный приход ФАР за период вегетации культуры, ккал/см²; 586 – скрытая теплота испарения одного литра воды, ккал.

Коэффициент увлажненности (Kp) для озимой пшеницы в условиях Ульяновской области составит 0,84 ($W = 460$ мм, $\sum P = 32,2$ ккал/см²). 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 9).

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

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).

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

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 возможностей озимой мягкой пшеницы использовать естественные ресурсы температуры, влаги и световой энергии для обеспечения максимального урожая в условиях Ульяновской области показала, что агроклиматические ресурсы региона способны обеспечивать достаточно высокую урожайность зерна исследуемой культуры – 5,75-11,38 т/га (рисунок 11).

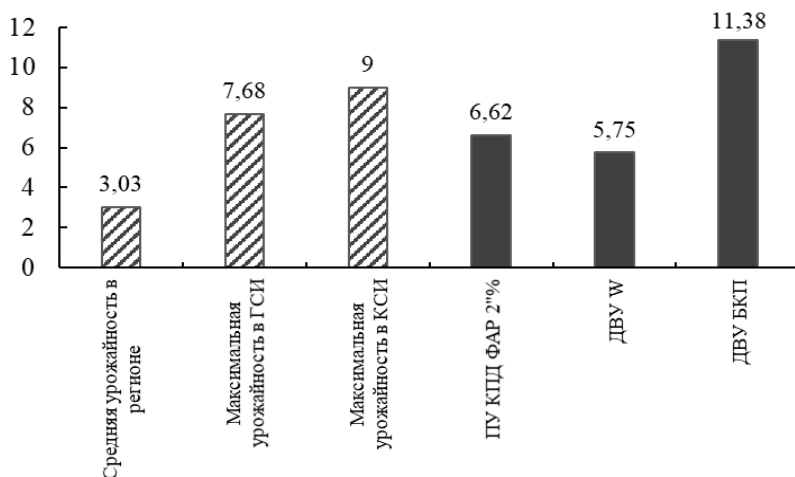


Рисунок 11 – Фактическая и расчётная урожайность зерна озимой мягкой пшеницы в условиях Ульяновской области, т/га

Сравнение фактических урожайностей зерна озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области с теоретически рассчитанными свидетельствует о имеющихся 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 1) 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 %). Важным, но недостаточно используемым резервом повышения урожайности озимой мягкой пшеницы в Ульяновской области являются радиационные ресурсы. Потенциальный уровень урожайности зерна исследуемой культуры в регионе при КПД ФАР 2 % составляет 6,62 т/га. Повышение коэффициента использования ФАР посевом озимой пшеницы на 1 % будет способствовать увеличению ее урожайности на 3,31 т/га, что составит 9,93 т/га. В связи с этим можно предполагать, что дальнейший рост урожайности озимой мягкой пшеницы в производстве будет зависеть от генетически обусловленного урожайного потенциала новых сортов, которые при оптимальном сочетании факторов агротехники, почвы и климата будут способны аккумулировать наибольшее количество ФАР в биомассе. Современная селекция всех сельскохозяйственных культур, в том числе 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

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

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; Моисеева, К.В., 2019; Гордей С.И., 2019]. Понятие «зимостойкость» в широком смысле Н.В. Тупицын с соавторами (2001) рассматривают как устойчивость к стрессовым факторам не только зимнего периода, 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, Гостинанум 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^А; Отдел селекции. URL: <http://www.ulniish.ru>]. Согласно проведённым нами исследованиям (см. главу 2) и исследованиям С.Н. Немцева и Р.Б. Шариповой (2021) в последние десятилетия в Ульяновской области отмечается потепление климата, в том числе и в холодный период года, что оказывает значительное влияние как на зимостойкость озимых культур, так и на частоту встречаемости отдельных стрессовых факторов.

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 10).

Таблица 10 – Основные причины повреждений и гибели озимых культур в лесостепи Поволжья и частота их встречаемости (1989-2021 гг.) *

Причины повреждений озимых культур	Годы	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 вызревание (вероятность 46 %).

Некоторые исследователи [Туманов И.И., 1967; Удовенко Г.В., 1983; 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 отрицатель-

ным температурам или морозостойкости. Так, например, О.Ю. Леоновым (2012) было установлено, что оценка морозостойкости образцов озимой пшеницы в 6,0-7,5 баллов при их искусственном промораживании обеспечивает их полевую зимостойкость на уровне 8,0-9,0 баллов. Другие ученые [Чекуров В.М. и Козлов В.Е., 2003] сообщают, что для обеспечения высокой устойчивости растений ко всем повреждающим факторам среды зимнего периода важен длительный и глубокий покой, сопоставимый с продолжительностью зимовки.

Зимостойкость – сложный показатель, проявление которого зависит от генетических особенностей сорта, физиологического состояния растений, агротехнических, климатических условий зоны выращивания [Тупицын Н.В., 2010; Gorash A., 2017; Долгополова Н.В., 2018; Фисенко А.В., 2020]. В.Д. Кобылянский (1986), N.V. Moku (2008), T. Würschum (2017^b) указывают на трудность изучения генетики зимостойкости в связи с полигенным характером наследования показателя и сильной его зависимости от внешних условий. Б.В. Ригин и Э.А. Барашкова (1975) предполагают, что у растений озимой мягкой пшеницы скорость закаливания, устойчивость к воздействию холодом, репарационные процессы после промораживания могут контролироваться различными генетическими системами, что в зависимости от условий среды может по-разному сказываться на фенотипическом проявлении зимостойкости. 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. Авторы считают, что генетический потенциал морозо- зимостойкости сорта озимой мягкой пшеницы реализуется в конкретных агро-экологических условиях среды.

В исследованиях 2011 г. повреждающее действие для озимой мягкой пшеницы оказала притёртая ледяная корка. Условия её образования – неустойчивые холодные периоды и частые интенсивные оттепели зимой. Смёрзшийся с почвой лёд причиняет механические повреждения озимым и может привести их к гибели [Туманов И.И., 1970; Белолобцев А.И., 2012; Грабовец А.И., 2014]. В 2012, 2013 и в 2015 гг. на посевах озимой пшени-

цы было отмечено выпревание. Как упоминалось выше, в последние годы выпревание является часто встречающимся неблагоприятным фактором зимнего периода для озимых культур (см. таблицу 10). Согласно Ф.М. Куперман (1977), Kuwabara T. (1997); А.И. Белолобцеву (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).

Согласно проведённым нами исследованиям, в современных климатических условиях Ульяновской области выпреванию посевов озимых культур сопутствуют и устойчивое увеличение толщины снежного покрова зимой, и повышение среднесуточной температуры в осенне-зимний период (см. рисунки 6 и 7). 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 11) 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).

Таблица 11 – 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 С ₃	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	–	–

показали пшеницы Марафон, Безенчукская 380, Волжская С3, Санта и Мироновская 808, существенно уступившие стандарту при НСР05 = 0,4 балла.

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 (НСР05 = 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, НСР05 = 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, как следствие проявления эффекта взаимодействия генотипа и среды. Так, например, устойчивость к выпреванию сорта-стандарта Волжская К изменялась от 3,7 баллов в 2013 г. до 5,0 баллов в 2012 и 2015 гг. В своих исследованиях И.М. Филипенко (1996) 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 11) в генеалогии которого имеется известный источник морозо- и зимостойкости – сорт Альбидум 114 [Тупицын Н.В., 2012Б].

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 ($V = 11,0-19,4 \%$). Исследованиями выявлено, что с ухудшением условий перезимовки межсортная дифференциация по зимостойкости усиливается. Так, при перезимовке в 3,8 балла в 2011 г. межсортная 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 12) установлено, что доминирующее влияние на варьирование зимостойкости озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья оказывает фактор среды (фактор А), вклад которого составляет 68,7 %.

Таблица 12 – 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 (А)	126,7	5	25,3	471,41	2,30	68,7*
Генотип (В)	9,8	14	0,7	13,02	1,85	5,3*
Взаимодействия АВ	33,1	70	0,5	8,79	1,44	17,9*
Остаток (ошибки)	14,4	267	0,05	-	-	7,8
$НСР_{05} (А) = 0,08$ балла				$НСР_{05} (В) = 0,13$ балла		

* – достоверно на 5 % уровне значимости

Доля влияния генотипа (фактор В) 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) характеризовались 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 13).

Дифференциация по зимостойкости наблюдалась среди сортообразцов пшеницы Украины, Германии, Сербии, Китая, США, Японии, Эстонии, Латвии, северокавказского региона России. Вследствие повреждения ледяной коркой среднее значение перезимовки в опыте 2011 г. составило 3,1 балла. У 32,0 % пшениц зимостойкость оценивалась в 3,0 балла, также у 32,0 % сортообразцов – в 4,0 балла (рисунок 12).

Высокую зимостойкость (5,0 баллов) показали сорта Омская 6 (Россия), Xiao Yan 107 (Китай), Mykolaivka, Manzheliya (Украина) (таблица 14). 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), Banga (Латвия), Emoile (Болгария) и Zhong Pin 1535 (Китай).

Таблица 13 – 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

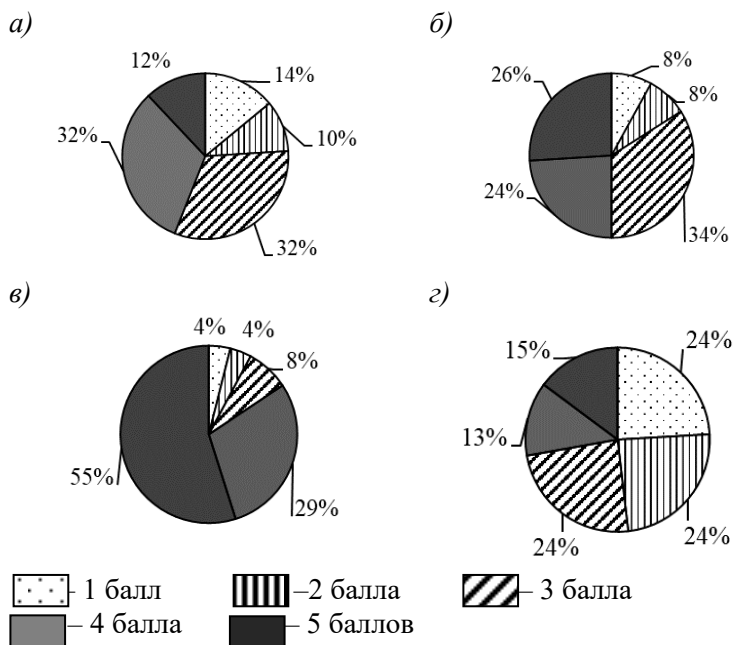


Рисунок 12 – Распределение (%) сортообразцов озимой пшеницы по баллам зимостойкости (1-й набор: а – 2011 г., б – 2012 г.; 2-й набор: в – 2012 г., г – 2013 г.)

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. Среднее значение зимостойкости в опыте в исследуемом году составило 3,5 балла. 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), Мугopol, Mykolayvka, Dashenka, Kalyanova, Lytavinka, Vinnychanka, Manzheliya, Khersonska bezostaya (Украина), Xiao Yan 107, Zhong Pin 1535 (Китай).

Таблица 14 – 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
Mykalayivka	Украина	5,0	4,0	Каменя	Россия	5,0	4,0
Mygorol	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
Vanga	Латвия	4,0	4,0	Кулундинка	Россия	5,0	5,0
Emoile	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

Во втором наборе пшениц среднее значение перезимовки по опыту 2012 г. составило 4,2 балла (см. таблицу 13), что выше, по сравнению с первым набором этого же года исследований (3,5 балла). Причиной этому было присутствие во втором наборе российских сортов пшеницы сибирской селекции с высоким уровнем зимостойкости. Оценка зимостойкости сортообразцов в 2013 г. была невысокой вследствие сильного выпревания (среднее значение в опыте 2,8 балла). Высокая (5,0 баллов) и повышенная (4,0 балла) зимостойкость отмечена лишь у 13 и 15 % сортообразцов пшеницы соответственно (см. рисунок 12). 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, Камя, 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, можно констатировать, что 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. Повышенный уровень зимостойкости культуры в сортоиспытании сеялочного посева был обеспечен также и генетическим разнообразием сортов, прошедшим изучение на сортоучастках региона. 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 сорта 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^A; Маслова, Г.Я. 2018^A; Сухоруков А.Ф., 2018] в условиях лесостепи Среднего Поволжья зимостойкость для озимой мягкой пшеницы является одним из ключевых показателей. Этому подтверждением являются и результаты проведённых 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 (таблица 15, рисунок 13а).

Чем сильнее повреждения, тем усиливается связь между этими двумя показателями. 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).

Таблица 15 – Зависимость урожайности озимой пшеницы от зимостойкости

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

***– достоверно 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 2). Тенденция изменения урожайности озимой пшеницы от зимостойкости описывается уравнением регрессии $y = 0,5557x + 0,2096$, что при $R^2 = 0,378$ является статистически достоверным. Это означает, что увеличение зимостойкости на 1 балл приводит к повышению урожайности на 0,557 т/га, и наоборот.

В ручном посеве озимой пшеницы во все годы исследований (см. таблицу 15, рисунок 13б), также, как и в сеялочном, выявлены сильной и средней степени положительные зависимости урожайности сортообразцов от их зимостойкости (в 2011 г.–

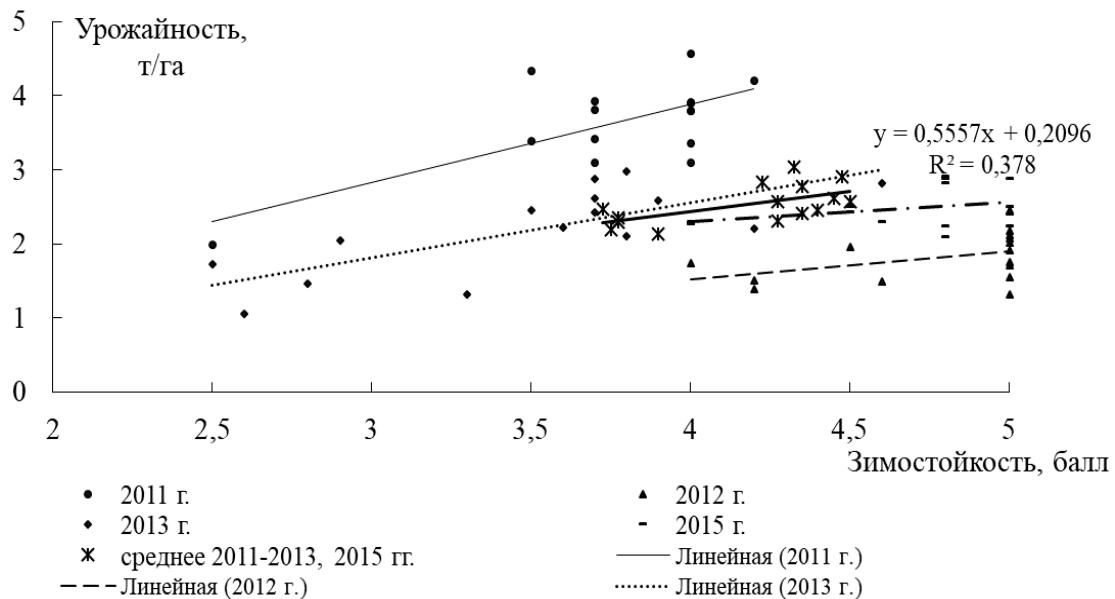


Рисунок 13а – Графики корреляционно-регрессионной зависимости урожайности озимой мягкой пшеницы от зимостойкости (сеялочный посев)

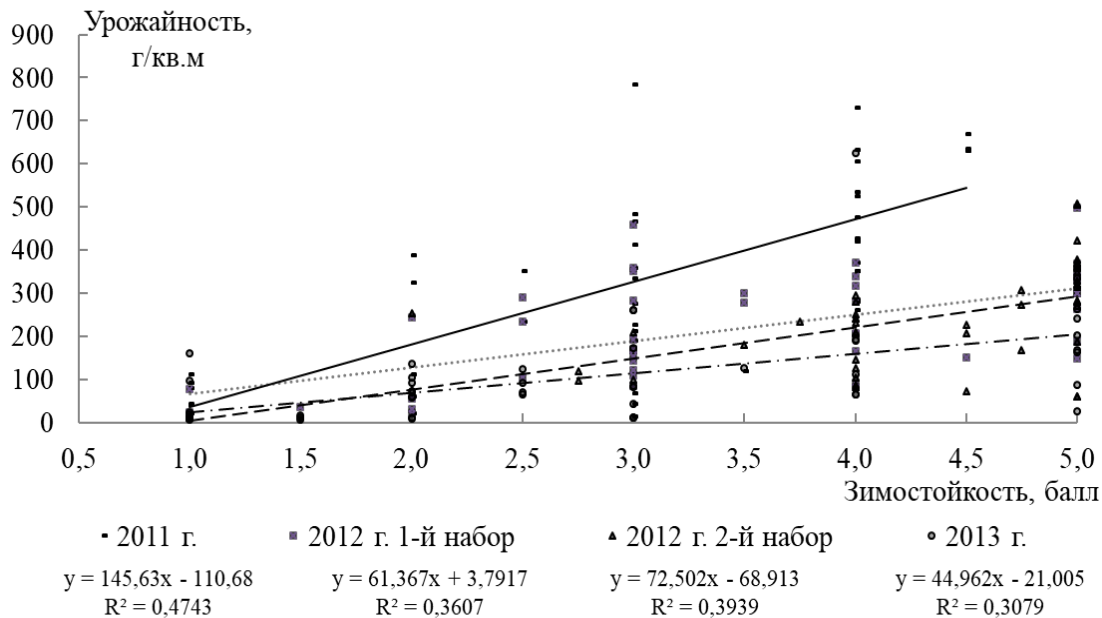


Рисунок 13б – Графики корреляционно-регрессионной зависимости урожайности озимой мягкой пшеницы от зимостойкости (ручной посев)

– $r = 0,69 \pm 0,12$, 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 3). 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 14, таблица 16).

Таблица 16 – 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

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.

Вышеназванные сорта озимой мягкой пшеницы сформи-

ровали 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 (см. таблицу 16), 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. таблицу 15). 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 17), что на 0,2 балла выше среднего значения по опыту.

Таблица 17 – 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

При этом они 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) формировали 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.

Отдельные 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 соответственно) 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.

Таким образом, проведённые исследования позволяют заключить, что в условиях лесостепи Среднего Поволжья зимостойкость озимой мягкой пшеницы является важным фактором, определяющим уровень её урожайности. Результаты корреляционно-регрессионного анализа свидетельствуют, что повышение зимостойкости культуры на 1 балл повышает ее урожайность на 0,557 т/га. Проблема повышения зимостойкости в регионе может быть решена, как было отмечено в разделе 4.1.1, подбором или выведением зимостойких сортов, формированием системы сортов, а также разработкой сортовых агротехнологий. При создании высокопродуктивных сортов озимой мягкой пшеницы или их подборе для производственного использования следует учитывать наряду с зимостойкостью и устойчивость к стрессовым факторам весенне-летнего периода, а также аттрагирующую способность. Некоторые сорта озимой мягкой пшеницы в

силу не только осеннего, но и весеннего кущения в случае неблагоприятной перезимовки способны частично восстанавливать продуктивную стеблестой и формировать относительно высокий уровень урожайности. Проведёнными исследованиями 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

4.2.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по дате колошения

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.

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 относится к сортовым признакам. В проведенных нами исследованиях время наступления колошения среднеспелого сорта-стандарта Волжская К также изменялось в меньшей степени, чем период его созревания (таблица 18). 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 18 – Даты возобновления весенней вегетации (ВВВ) и колошения сорта озимой мягкой пшеницы Волжская К, сеялочный посев

Год	Дата ВВВ	Дата колошения	Межфазный период ВВВ-колошения, 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 А.И. Носатовского (1965), П.П. Лукьяненко (1990) установлена прямая связь между скороспелостью по фазе колошения и скороспелостью по фазе созревания, что также позволяет считать фазу колошения надёжным критерием

определения группы спелости пшеницы. Положительная сильная корреляционная связь между датой наступления колошения озимой пшеницы и датой её созревания установлена и в наших исследованиях – $r = 0,70 \pm 0,26$ (достоверно на 5 % уровне значимости).

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 свидетельствуют 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. В.И. Файт (2001; 2006) считает, что в генетическом контроле различий по продолжительности вегетационного периода у озимой мягкой пшеницы принимают участие гены нескольких систем: фотопериодической чувствительности *Ppd*, контроля продолжительности яровизационной потребности (*Vrn*, а также скороспелости *per se*. В зависимости от лимитирующего фактора среды (продолжительность фотопериода, высокие или низкие температуры и др.) доля вклада каждой из трех составляющих в общий показатель продолжительности вегетационного периода может меняться. При этом отмечается не простое суммирование их влияний, а наличие взаимодействия в различных условиях. О влиянии генов *Ppd* и *Vrn* на срок колошения мягкой пшеницы указывают также работы многих других авторов [Стельмах А.Ф., 1987; Khush, G.S., 2001; Емцева М.В., 2012; Потокина Е.К., 2012; Shcherban A.B., 2015; Chen H., 2016; Киселева А.А., 2018].

С длиной вегетационного периода тесно связано деление сортов пшеницы по группам спелости. Согласно шкалы Международного классификатора... (1984) выделяют 7 групп спелости пшениц – среднераннюю, раннюю, очень раннюю (ультрараннюю) и среднепозднюю, позднюю и очень позднюю (ультрапозднюю) – выколашивающиеся на 2-3, 4-5, 6 и более суток раннее 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 19).

Таблица 19 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по группам спелости (число / процент)

Год	Ультраранняя	Раннеспелая	Среднеранняя	Среднеспелая	Среднепоздняя	Позднеспелая
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

Колошение озимой мягкой пшеницы в сортоиспытаниях разных лет характеризовалось слабой и средней вариабельностью (таблица 20). 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.).

Таблица 20 – 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 С ₃	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 ис-

следований входили в одну и ту же группу среднеспелых пшениц (таблица 21). 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.

Таблица 21 – Дифференциация сортов озимой пшеницы по группам спелости

Сорт	Год исследований						Среднее
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Волжская К, ст.							
Волжская 16							
Волжская 100							
Волжская С ₃							
Безенчукская 380							
Санта							
Светоч							
Ресурс							
Бирюза							
Казанская 285							
Московская 39							
Базальт							
Марафон							
Харьковская 92							
Мироновская 808							

- раннеспелая
 - среднеранняя
 - среднеспелая
 - среднепоздняя
 - позднеспелая

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 стан-

дарта. Сорт озимой мягкой пшеницы Светоч за весь период исследований входил во все группы спелости, за исключением позднеспелой.

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 22) установлено, что доминирующее влияние на продолжительность вегетационного периода озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья оказывают условия среды (фактор А), вклад которого составляет 55,1 %.

Таблица 22 – Результаты двухфакторного анализа изменчивости продолжительности вегетационного периода озимой мягкой пшеницы

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _{ф.}	F ₀₅	Вклад фактора, %
Общая	3800,6	359	-	-	-	-
Повторений	1,4	3	0,47	1,12	2,70	0,04
Год (А)	2092,4	5	418,49	1005,7	2,30	55,1*
Генотип (В)	1158,2	14	82,73	198,8	1,85	30,5*
Взаимодействия АВ	437,4	70	6,25	15,0	1,44	11,5*
Остаток (ошибки)	111,1	267	0,42	-	-	2,97
НСР ₀₅ (А) = 0,23		НСР ₀₅ (В) = 0,36				

*– достоверно на 5 % уровне значимости

Среди исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы установлено достоверное генетическое разнообразие по продолжительности периода вегетации. Доля влияния генотипа (фактор В) в изменчивости анализируемого показателя также весома и составляет 30,5 %. Это означает, что отборы в селекционном про-

цессе озимой мягкой пшеницы по признаку «продолжительность периода вегетации» могут быть достаточно эффективны, а в производственных условиях при формировании сортовой структуры культуры важно 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 мягкой пшеницы во влажных условиях среды 2011 г. (ГТК весенне-летнего периода 1,5, приложение 1) преобладали среднеспелая и среднеранняя группы – 46 и 26 % пшениц соответственно (рисунок 14). В условиях дефицита влаги 2012 г. (ГТК весенне-летнего периода 0,9) и повреждения посевов культуры шведской мухой 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. В условиях недостаточного увлажнения весенне-летнего периода вегетации озимой мягкой пшеницы в 2013 г. (ГТК 0,8, приложение 1) 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 23). 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.

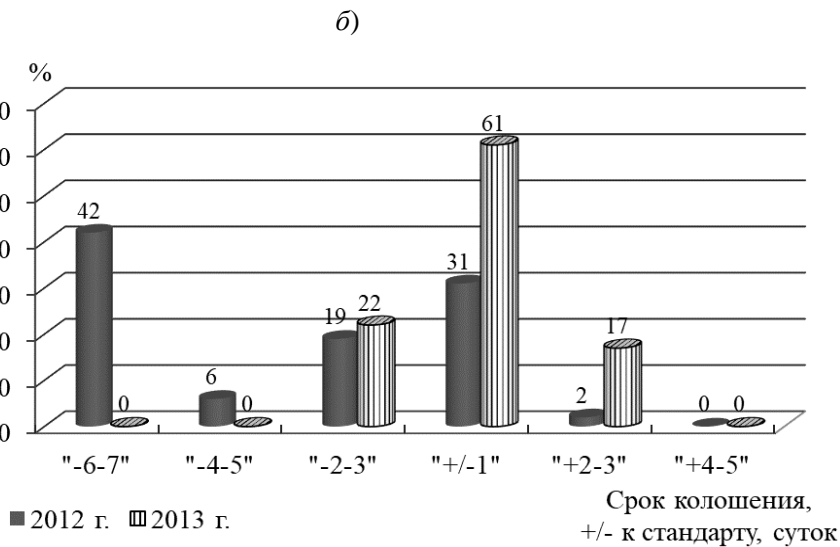
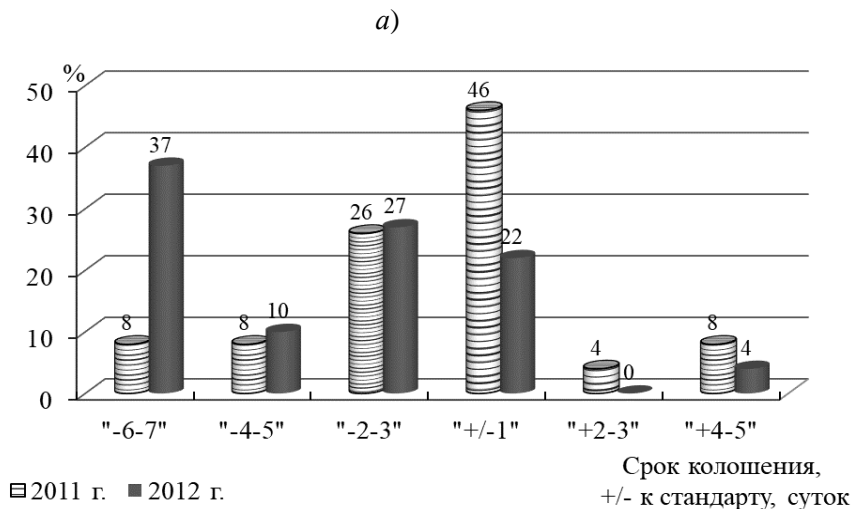


Рисунок 14 – Распределение озимых пшениц коллекционного питомника по группам спелости, 2011-2013 гг. (а – 1-й набор, б – 2-й набор)

Таблица 23 – 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	24V-31VI	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	22V-10 VI	22V-10 VI	1 VI-6 VI
Количество суток	16	20	20	6

В 2011 г. колошение озимой мягкой пшеницы растянулось на 16 суток, чему во многом способствовали погодные условия майского периода вегетации культуры – температура воздуха была ниже на 2 °С, в сравнении с 2012 и 2013 гг., а осадков выпало более чем в 2 раза. 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.

Среди изученного сортимента озимых пшениц мировой коллекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья позднеспелостью характеризовались сорта Германии. Пшеницами разных

групп спелости были представлены сортообразцы Украины. 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 24). В позднеспелую группу пшениц вошли германские сорта Akter и Compliment, колошение которых наступало на 5-8 дней позднее стандарта.

Межгенотипические коэффициенты вариации продолжительности вегетационного периода озимой мягкой 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 20).

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 данного показателя вносят условия среды (55,1 %), наименьший – эффект взаимодействия генотипа и среды (11,5 %).

Таблица 24 – 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
Мугорол	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
Лytavinka	Украина	-2	-6	Zhong Pin 1535	Китай	-4	-10
Емоила	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

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. И наоборот, высокий уровень морозо- зимостойкости сортов озимой пшеницы по сообщениям Г.Д. Набокова (2000, 2001) и О.Ю. Леонова (2012), 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 25). 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 и среднепоздней группами – 2,8 и 1,9 баллов соответственно.

Таблица 25 – Морфобиологические показатели сортов образцов озимой мягкой пшеницы различных групп спелости

Год исследований	Ультраранняя	Ранне спелая	Среднеранняя	Средне спелая	Средне поздняя	Позднеспелая
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	-

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 26). Все они являются ценным исходным материалом для селекции озимой мягкой пшеницы на сочетание зимостойкости и скороспелости в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Таблица 26 – 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 Pin1535	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

Интерес для селекции озимой мягкой пшеницы представляют также сортообразцы характеризующиеся среднеспелостью и повышенным и высоким уровнем зимостойкости (4,0-5,0 баллов) – Mykolayivka, 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.

В сеялочном посеве среди сортов озимой пшеницы отечественной селекции, наиболее чёткая дифференциация по зимостойкости отмечена в 2011, 2012, 2013 и 2015 гг. (см. таблицу 11). В самых многочисленных среднеспелой и среднеранней группах пшениц (см. таблицу 19) 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 зависимости между сроком наступления колошения озимой пшеницы и зимостойкостью (приложение 2). В среднем за указанный период исследований связь между анализируемыми 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 15). 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 среднепоздних-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.

Корреляционным анализом между сроком колошения и зимостойкостью коллекционных сортообразцов озимой мягкой пшеницы во все годы исследований установлены, наоборот, отрицательные связи (приложение 3).

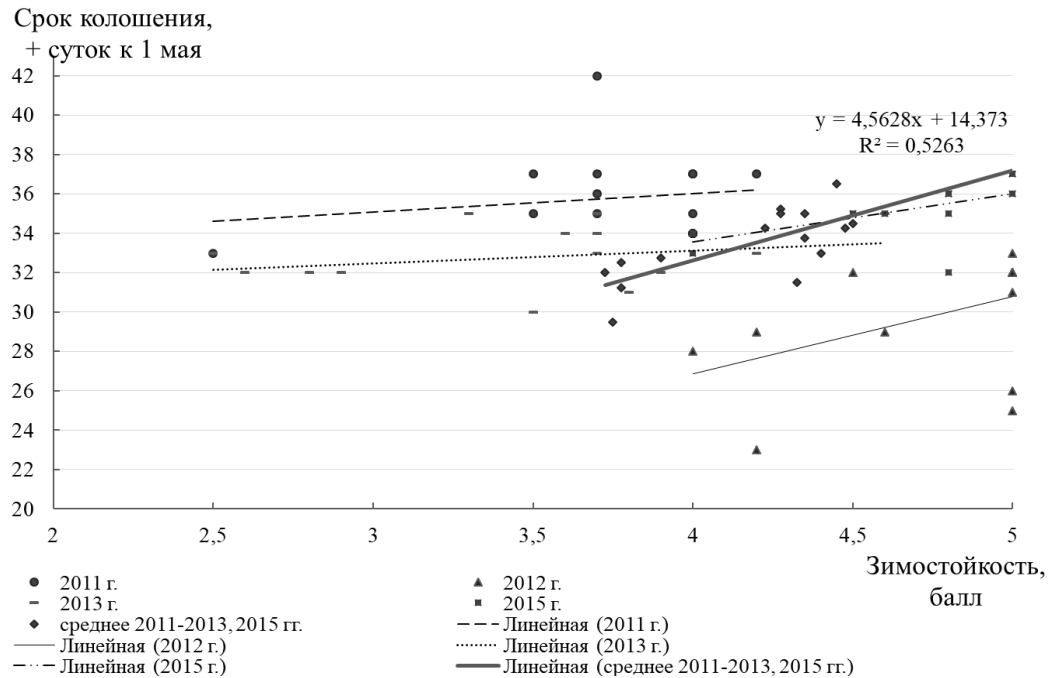


Рисунок 15 – График корреляционно-регрессионной зависимости срока колошения озимой мягкой пшеницы от зимостойкости (сеялочный посев)

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 3), 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. Выделен ценный исходный материал, сочетающий раннеспелость и среднеспелость с повышенным и высоким уровнем зимостойкости для использования в селекционном процессе озимой пшеницы в зоне проведения исследований. 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 [Андряш 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 2 и 3). Статистически достоверной (на 1 % уровне значимости) оказалась лишь отрицательная зависимость 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.

В рассмотрении урожайности сортимента озимой мягкой пшеницы по группам спелости можно констатировать, 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 27). 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 1), что позволило скороспелым сортам «уйти» от засухи с наименьшими потерями продукционного потенциала.

Таблица 27 – 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 сортов-разцов	128	324	209	251	-	202
2012, 2-й набор сортов-разцов	233	214	222	270	118	-
2013	-	-	211	113	37	-

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 вы-

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

В сортоиспытании коллекционного питомника во влажном 2011 г. преимущество по урожайности имели среднеспелая и среднеранняя группы пшениц – 359 и 356 г/м² соответственно (см. таблицу 27). 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 острозасушливом 2013 г., наибольшей урожайностью характеризовались среднеранние пшеницы – 211 г/м².

Полиномиальные линии тренда второй степени, полученные в ходе регрессионного анализа (рисунок 16) 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 $y = -1,2697x + 82,034x - 1072,6$ и $y = 6,418x - 48,424x + 9185,9$ являются статистически достоверными на 5 % уровне значимости ($R^2 > 0,08$).

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

Высокую урожайность (467-663 г/м²) и скороспелость (колосшение на 2-5 суток раньше стандарта) в оба года исследований сочетали немногие сорта пшеницы коллекционного питомника, среди которых украинские Dashenka, Kalyanova, Lytavinka, российская Виктория 95 (таблица 28).

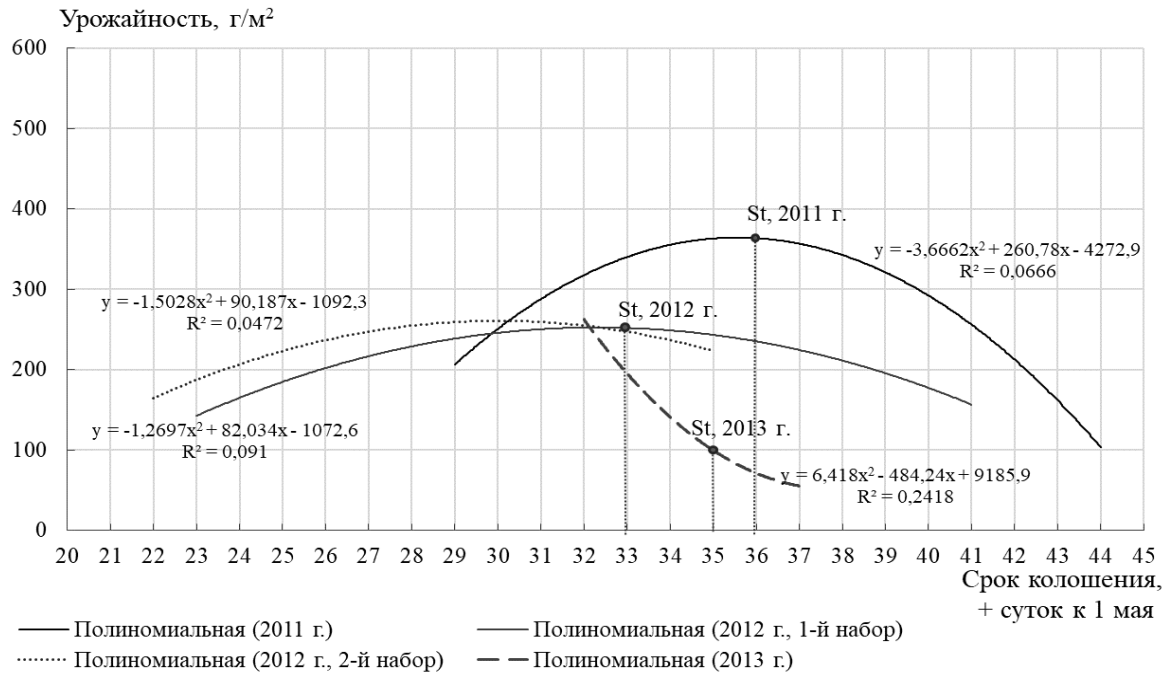


Рисунок 16 – График регрессионной зависимости урожайности сортов озимой мягкой пшеницы от срока колошения

Таблица 28 – 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

Таким образом, исходя из проведенных 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. 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 сор-

тами. 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, шуплое, 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 25) 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 группа (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 формировали 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 зависимости слабой и средней степени массы 1000 зерен от даты наступления колошения (рисунок 17а, приложение 3). 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.

В сеялочном посеве среди сортимента 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 2). Изменение массы 1000 зёрен в зависимости от срока колошения описывается уравнением регрессии вида $y = -0,2554x + 45,482$ (рисунок 17б). 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 20 и 21, приложение 4). При этом, также раннеспелый сорт Бирюза формировал зерно средней крупности-мелкое (масса 1000 зерен 33,8 г).

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

Среди сортообразцов мировой коллекции крупнозерностью характеризовались преимущественно скороспелые пшеницы (таблица 29).

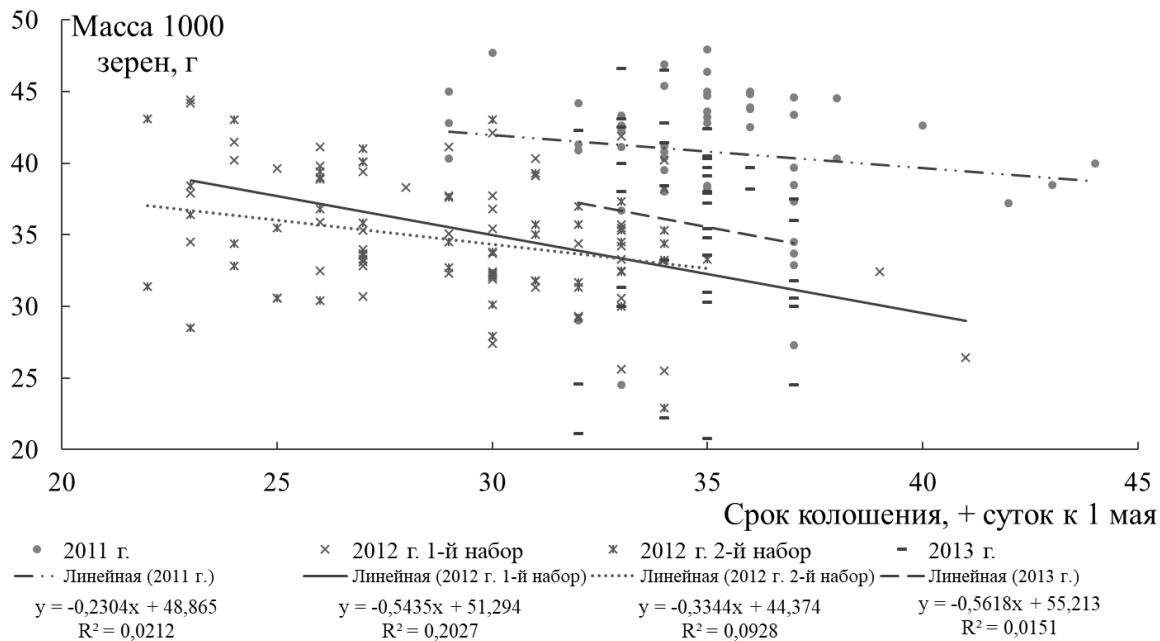


Рисунок 17а – Графики корреляционно-регрессионной зависимости массы 1000 зёрен озимой пшеницы от срока колошения (ручной посев)

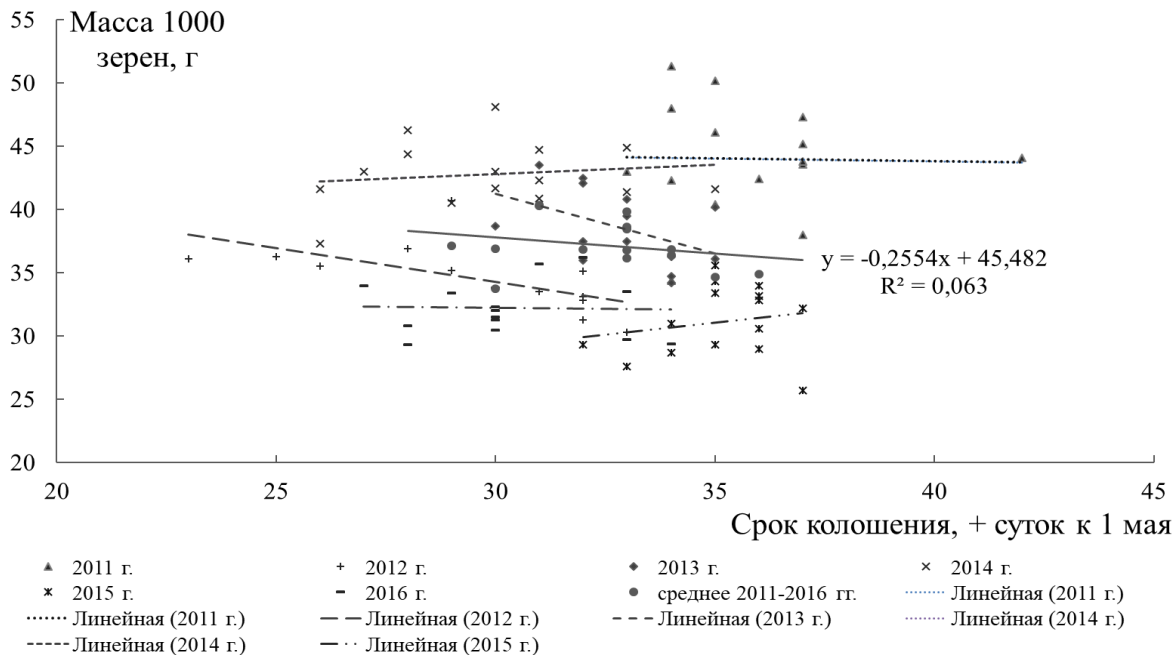


Рисунок 176 – Графики корреляционно-регрессионной зависимости массы 1000 зёрен озимой пшеницы от срока колошения (сеялочный посев)

Таблица 29 – 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	-

Сочетанием крупного зерна (масса 1000 зерен 36,8-47,9 г) и скороспелости (-2-11 суток по отношению к стандарту) выделались 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. Все они представляют собой ценный исходный материал для селекции озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья на сочетание скороспелости и крупнозерности.

Среди позднеспелых сортов мировой коллекции крупнозерные пшеницы отсутствовали.

Таким образом, масса 1000 зерен, как показатель крупности зерна, может быть обусловлена продолжительностью периода вегетации озимой пшеницы. В силу частых засух и засушливых явлений крупнозёрность 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 8 и 9), 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

4.3.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по высоте растений

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, обеспечившего 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; Miralles D.J., 1995; 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. Разработанные в настоящее время модели сортов озимой мягкой пшеницы для разных зон её возделывания в стране включают в себя параметры и по высоте растений [Некрасова О.А., 2017]. Так, для Северного Кавказа оптимальная высота сортов озимой пшеницы с точки зрения получения высокой урожайности установлена в пределах 75-105 см [Беспалова Л.А., 1998], для степи Поволжья – 100-105 см [Егорцев Н.А., 2003], степной зоны Ростовской области – 70-90 см [Фоменко М.А., 2019].

Известно, что рост стебля пшеницы заканчивается в фазе цветения – начале налива зерна [Носатовский А.И., 1965; Коломейченко В.В., 2007]. В проведённых 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, приложение 1) определило наибольшую высоту растений пшеницы среди других лет исследований – 95 и 114 см соответственно (таблица 30).

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.

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 СЗ в 2012 г. – карликовый, в 2011,

Таблица 30 – 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 СЗ	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	-	-	-

2013, 2015 гг. – полукарликовый, в 2014 г. – короткостебельный, в 2016 г. – высокорослый (см таблицу 30). 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 сортимента озимых пшениц обусловлена главным образом фактором среды (фактор А), вклад которого составляет 74,5 % (таблица 31). Доля влияния генотипа (фактор В) в варьировании высоты растений озимой пшеницы также весома и составляет 17,5 %. Выявлено наличие достоверного генетического разнообразия исследуемых сортов озимой пшеницы по высоте растений.

Таблица 31 – Результаты двухфакторного анализа изменчивости высоты растений озимой мягкой пшеницы

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

*– достоверно на 5 % уровне значимости

Следовательно, для обеспечения желаемой высоты растений производственного посева культуры необходимо уделить должное внимание выбору сорта. Вклад взаимодействия факторов АВ (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, приложение 1) соответствовала, главным образом, полукарликовым формам – основная масса пшениц (78 %) имела высоту растений 61-85 см (рисунок 18). 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). 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, приложение 1) доминировали карликовые (45 %) и полукарликовые (36 %) генотипы.

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 32). 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.

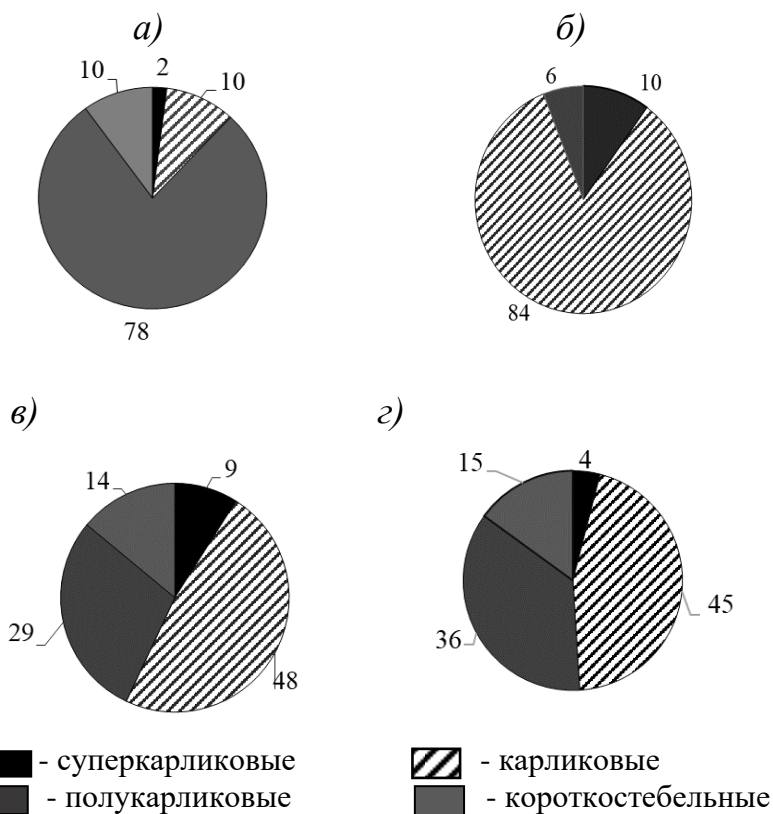


Рисунок 18 – Распределение (%) сортообразцов озимой мягкой пшеницы по высоте растений (1-й набор: а – 2011 г., б – 2012 г.; 2-й набор: в – 2012 г., г – 2013 г.)

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 полуккарликовым 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

Таблица 32 – 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

Каменя (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 полукарликовыми (61-85 см) и карликовыми (41-60 см). Высота растений исследуемой культуры подвержена сильной изменчивости. Один и тот же сорт в разные годы может быть отнесен в различные по высоте группы пшениц. 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; Vörner A., 1993; Milach S.C.K., 2001; Тупицын Н.В., 2007] многие гены карликовости (Rht-гены) обладают плейотропным 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.В. Мокроусов (2010) сообщает, что при резком уменьшении высоты растений пшеницы происходит общее снижение жизнеспособности, в том числе и зимостойкости.

В сеялочном посеве межсортовая дифференциация по зимостойкости в 2014 и 2016 гг. отсутствовала (см. таблицу 11). В 2011, 2012, 2013 и 2015 гг. исследований установлены положительные, достоверные на 5 % уровне значимости зависимости зимостойкости озимой мягкой пшеницы от высоты растений средней силы – коэффициенты корреляции составили соответственно $0,63 \pm 0,22$, $0,40 \pm 0,25$, $0,61 \pm 0,22$ и $0,56 \pm 0,23$ (рисунок 19а, приложение 2). В среднем за исследуемый период (2011-2013, 2015 гг.) зависимость между рассматриваемыми показателями сильной степени – $r = 0,76 \pm 0,18$ (достоверно на 1 % уровне значимости).

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 33 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 ниже таблицы 33 в целом свидетельствуют о трудном сочетании показателей низкостебельности и высокого уровня зимостойкости в одном генотипе озимой мягкой пшеницы.

Изучение зимостойкости различных по высоте групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы коллекционного питомника в 2011-2013 гг. также показало преимущество наиболее высокорослых по условиям года генотипов (таблица 34).

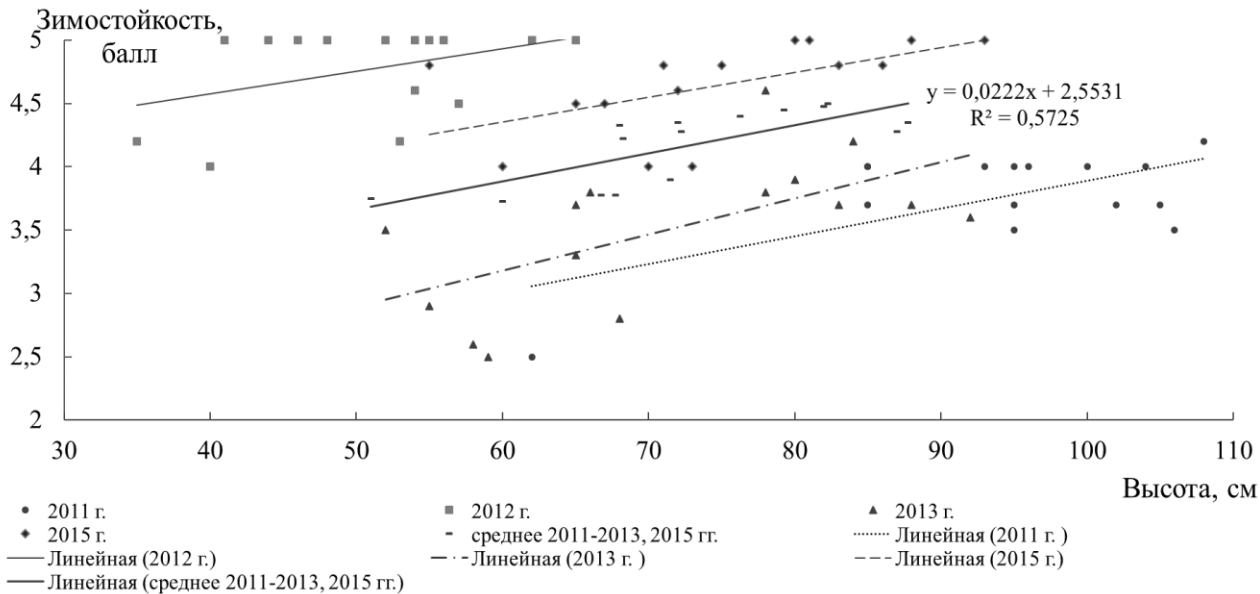


Рисунок 19а – График корреляционно-регрессионной зависимости зимостойкости сортов озимой мягкой пшеницы от высоты их растений (сеялочный посев)

Таблица 33 – Высота растений сортов озимой мягкой пшеницы и их зимостойкость (балл) (в среднем за 2011-2013, 2015 гг.).

Сорт	Высота, см	Зимостойкость, балл	Сорт	Высота, см	Зимостойкость, балл
Мироновская 80	88	4,4	Базальт	72	3,9
Безенчукская380	87	4,3	Санта	68	4,2
Волжская К	82	4,5	Светоч	68	4,3
Волжская 16	82	4,5	Харьковская92	68	3,8
Казанская285	79	4,5	Ресурс	67	3,8
Волжская 100	76	4,4	Бирюза	60	3,7
Волжская С3	72	4,4	Марафон	51	3,8
Московская39	72	4,3	Среднее	73	4,2

Таблица 34 – Хозяйственно-биологические показатели сортообразцов озимой пшеницы различных по высоте растений групп

Год исследований	Суперкарликовая	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

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 отсутствовали).

Положительные зависимости зимостойкости сортовозразцов озимой мягкой пшеницы от высоты их растений были установлена в ходе корреляционно-регрессионного анализа (рисунок 19б, приложение 3). 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 $0,38 \pm 0,13$ (достоверно на 0,1 % уровне значимости); 2013 г. – $0,72 \pm 0,10$ (достоверно на 0,1% уровне значимости). Зависимость 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 35).

Повышенную и высокую зимостойкость (4,0-5,0 баллов) сочетали с низкостебельностью (высота до 85 см) сортовозразцы пшеницы 1-го набора – Murgopol, Mykolayivka, Lytavinka, Vynnychanka, Khersonska bez, Manzhelija (Украина), Vanga (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.

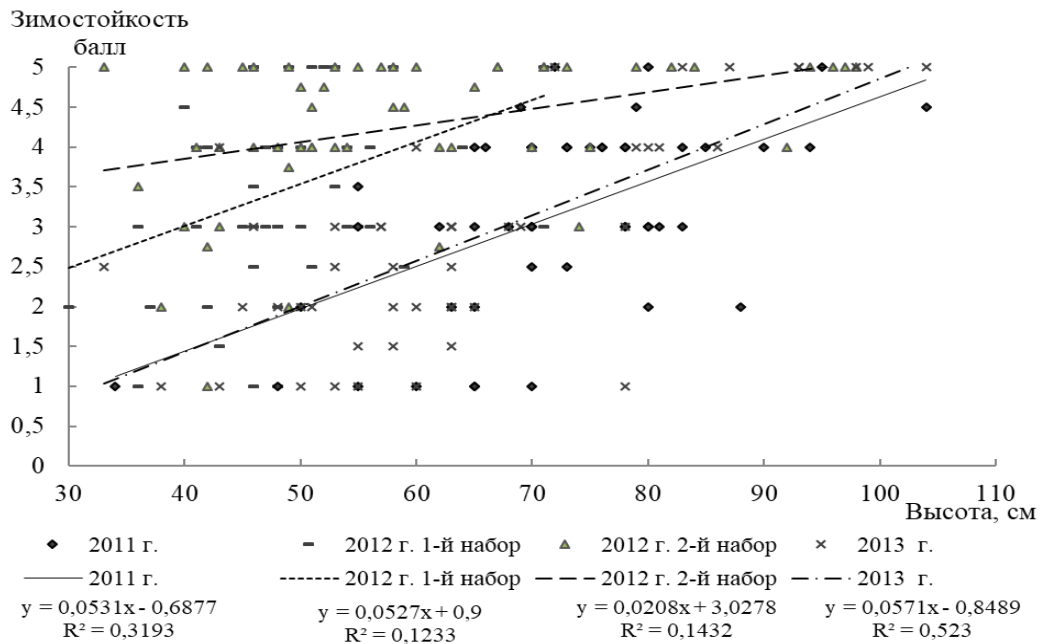


Рисунок 19б – График корреляционно-регрессионной зависимости зимостойкости сортообразцов озимой пшеницы от высоты растений

Таблица 35 – 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
Myropol	Украина	4,0	4,0	65	48
Mykolayivka	Украина	5,0	4,0	72	48
Lytavinka	Украина	4,0	5,0	78	52
Vynnychanka	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
Камя	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

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 25). 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 зависимости высоты растений сортообразцов озимой мягкой пшеницы от даты наступления колошения (приложение 3, рисунок 20а) слабой и средней степени – $r = 0,29 \pm 0,14$ (1-й набор, достоверно на 5 %

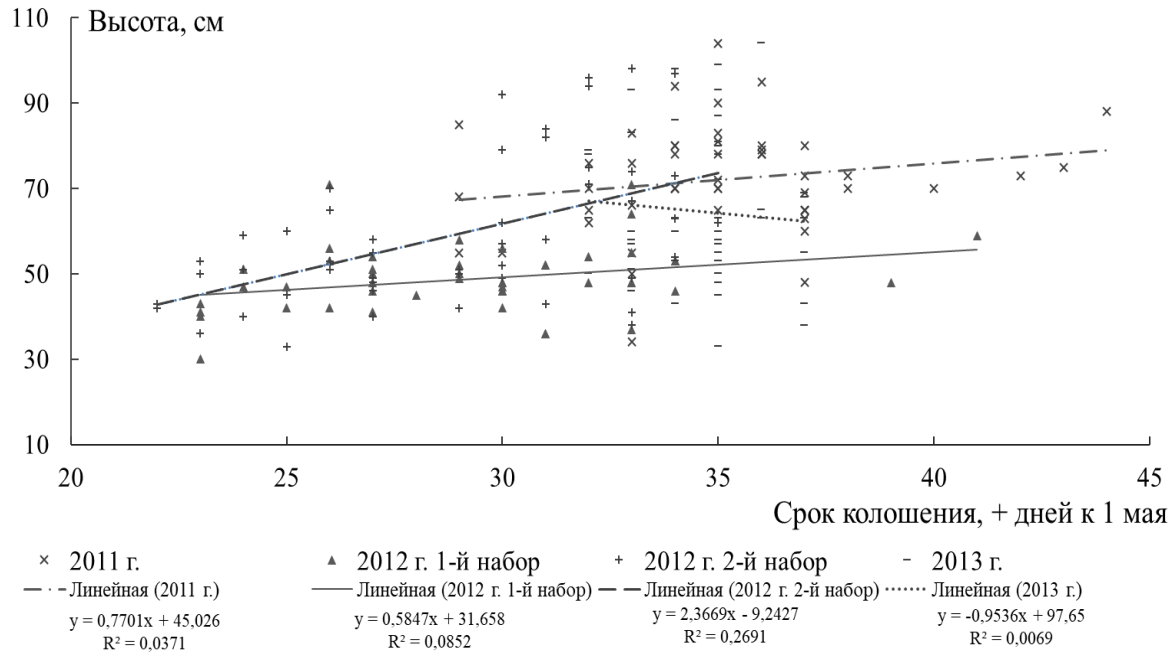


Рисунок 20а – Графики корреляционно-регрессионной зависимости высоты растений озимой мягкой пшеницы от срока колошения (ручной посев)

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 одновременному выколашиванию пшениц разных групп спелости. В результате этого связь между анализируемыми показателями почти отсутствовала – $r = -0,08 \pm 0,15$ (приложение 3).

В сеялочном посеве среди сортов отечественной селекции во все годы исследований установлены положительные средней и сильной степени зависимости высоты растений озимой пшеницы от срока колошения (приложение 2, рисунок 20б). 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.

Установленные зависимости 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.

Таким образом, в условиях лесостепи Среднего Поволжья продолжительность периода вегетации озимой пшеницы часто сопряжена с высотой растений. Следовательно, селекция культуры

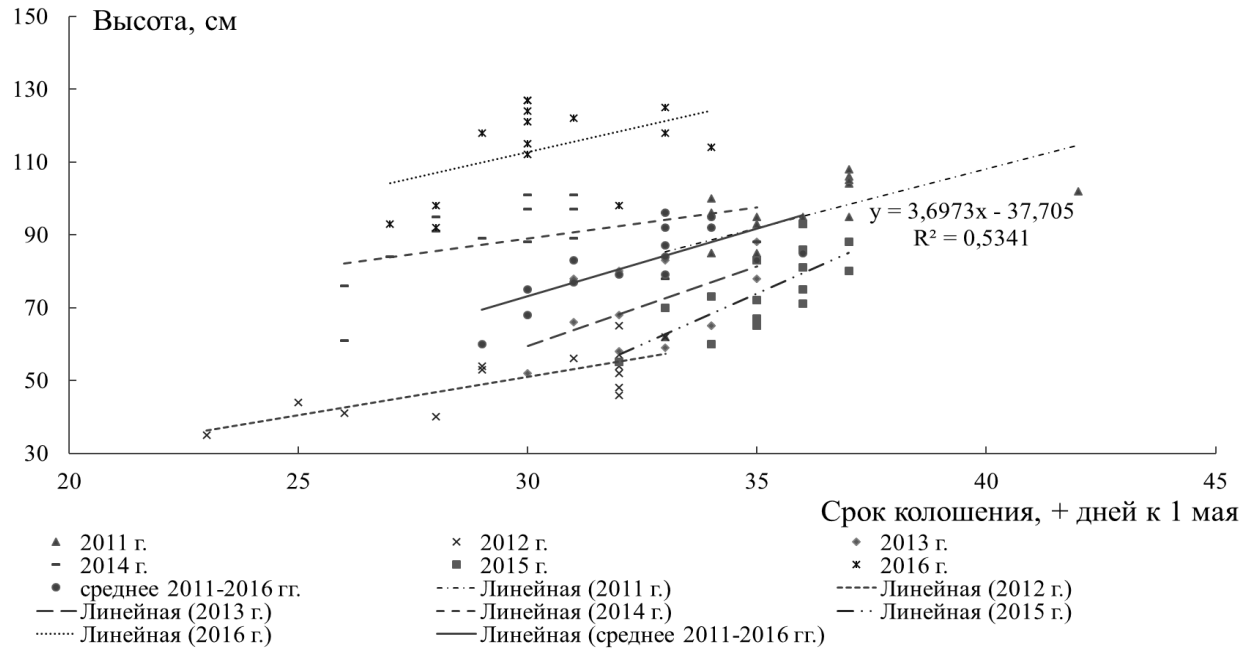


Рисунок 20б – Графики корреляционно-регрессионной зависимости высоты растений озимой мягкой пшеницы от срока колошения (сеялочный посев)

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.

4.3.4 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 [Раска D., 2015; 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 полегание посевов некоторых сортов озимой пшеницы было вызвано осадками ливневого характера в середине июня (ГТК июня 0,9, приложение 1). Провоцирующим фактором стало также слабое развитие узловых корней к моменту полегания из-за сухости верхнего слоя почвы (ГТК за весенне-летний период вегетации 0,4). Среднее по сортоиспытанию значение устойчивости к полеганию составило 3,8 балла (приложение 5). Повышенной и высокой устойчивостью к полеганию (4,0-5,0 баллов) характеризовались сорта Волжская К, Волжская Сз, Ресурс, Бирюза, Казанская 285, Московская 39, Базальт, Марафон. Сильное полегание (1,5-2,5 балла) отмечено на сортах Безенчукская 380, Светоч, Харьковская 92, Ми-

роновская 808. Минимальная высота, при которой наблюдалось полегание в анализируемом году – 88 см (сорт Санта, устойчивость к полеганию 3,0 балла) и 89 см (сорт Харьковская 92, устойчивость к полеганию 2,5 балла).

Полеганию посевов озимой мягкой пшеницы в 2016 г. было более сильным в сравнении с 2014 г. Ему способствовало избыточное увлажнение в весенне-летний период вегетации (ГТК 1,3, приложение 1) и, как следствие, размокание почвы, слабое сцепление с ней корневой системы растений. Сильной степени полегание коснулось почти всех сортов озимой пшеницы – средняя по опыту устойчивость к полеганию 2,1 балла (приложение 5). Устойчивость к полеганию в 3,0 балла показали сорта Бирюза и Марафон с наименьшими значениями высоты растений – 92 и 93 см соответственно.

Корреляционно-регрессионным анализом установлены отрицательные, средней (2014 г.) и сильной степени (2016 г.) зависимости между устойчивостью к полеганию и высотой растений озимой мягкой пшеницы – $r = -0,58 \pm 0,23$ (достоверно на 5 % уровне значимости) и $r = -0,69 \pm 0,20$ (достоверно на 1 % уровне значимости) соответственно (рисунок 21, приложение 5). 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 ($r = -0,58 \dots -0,69$).

Отсутствие функциональной зависимости между анализируемыми показателями свидетельствует о том, что устойчивость к полеганию исследуемых сортов обусловлена не только высотой, но и другими морфоанатомическими особенностями строения пшеничного растения.

4.3.5 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), укорочение стебля под влиянием генетических факторов сопровождается перестройкой его анатомической структуры. При этом наблюдаются большие изменения сосудистоволокнистых пучков и механических тканей, от которых зависит не только устойчивость к полеганию, но и продуктивность растений. По мнению автора, наиболее удачное строение и лучшие возможности для осуществления восходящего и нисходящего передвижения воды и продуктов фотосинтеза по стеблю имеют сосудистоволокнистые пучки сортов пшениц полукарликового типа.

Некоторые исследователи [Беспалова Л.А., 2001; Косенко С.В., 2009; Коробейников, 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 колеоптиле, 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 22а, приложение 2). 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. – $r = 0,18 \pm 0,27$).

В среднем за период исследований (2011-2013, 2015 гг.) зависимость 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 2). В 2016 г. корреляционная зависимость между анализируемыми показателями была также положительной, но слабой ($r = 0,22 \pm 0,27$) вследствие сильного полегания культуры в целом. По мнению С.Ф. Коваля с соавторами (2005), полегание посевов приводит к резкому снижению индекса хозяйственного использования биомассы, так как наклон стебля нарушает аттракцию и тормозит транспорт веществ. В этом случае значительная их доля не перетекает в зерно, а остается в стебле, что сказывается на урожайности культуры.

В контрастных по увлажненности условиях среды – ГТК весенне-летнего периода вегетации 2011 г. – 1,5, 2012 г. – 0,9, 2013 г. – 0,8 (приложение 1), при отсутствии полегания отмечен рост урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы

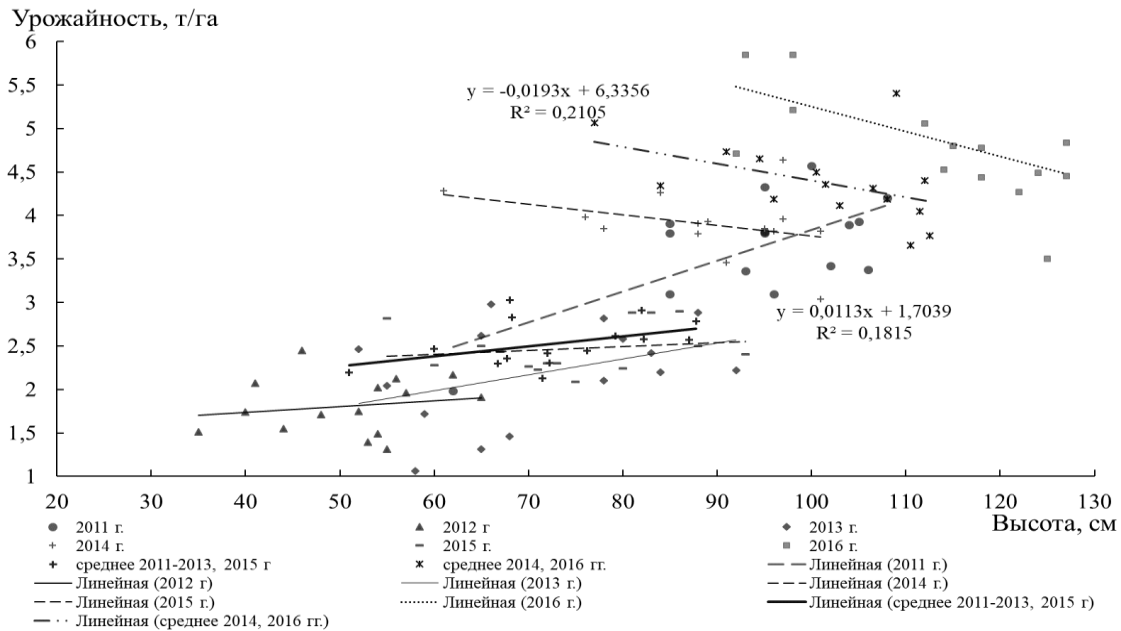


Рисунок 22а – График корреляционно-регрессионной зависимости урожайности сортов озимой мягкой пшеницы от высоты их растений (сеялочный посев)

коллекционного питомника с увеличением высоты растений (см. таблицу 34, рисунок 22б). 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 3) составили: в 2011 г. – $0,58 \pm 0,11$, в 2012 г. (1-й набор) – $0,53 \pm 0,11$ (связи положительные, средней силы, достоверные на 0,1 % уровне значимости), в 2012 г. (2-й набор) – $0,31 \pm 0,13$, в 2013 г. – $0,34 \pm 0,13$ (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 22б).

Установленные положительные корреляционные зависимости 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. И, наоборот, высокорослые генотипы, имея хорошую ассимилирующую поверхность, могут характеризоваться слабой аттракцией в последний период вегетации и, как следствие, низкой урожайностью.

Некоторые карликовые и полукарликовые пшеницы в коллекционном питомнике (таблица 36) 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.). 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.

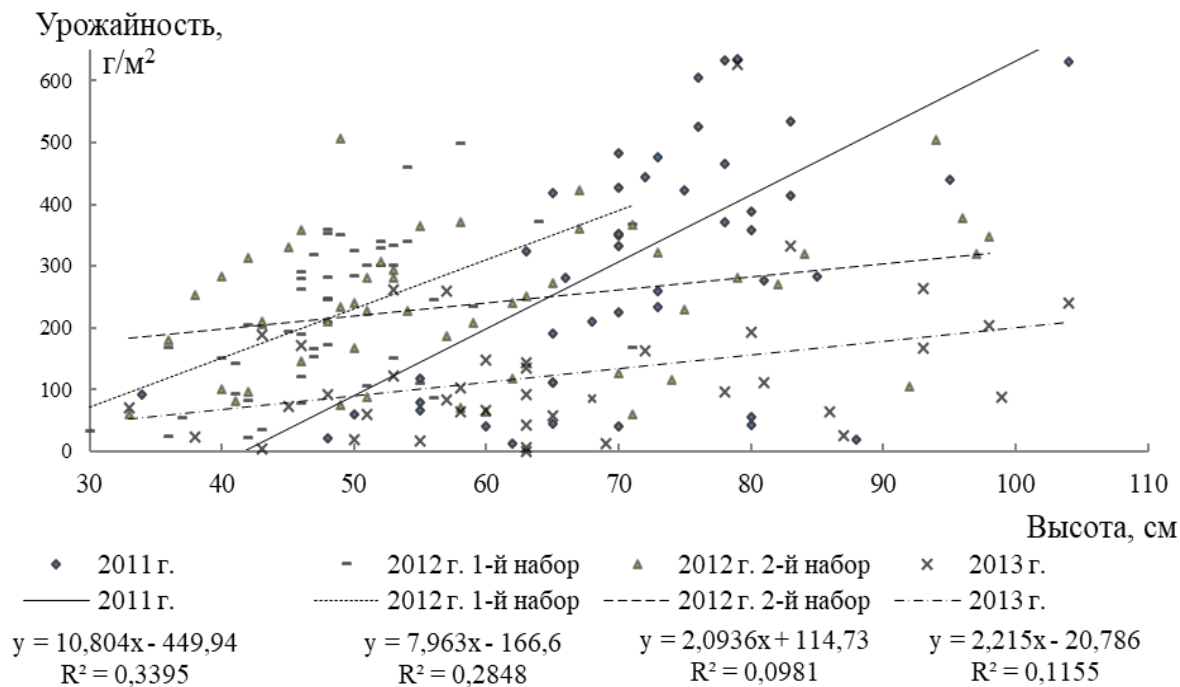


Рисунок 22б – График корреляционно-регрессионной зависимости урожайности сортов озимой мягкой пшеницы от высоты растений

Таблица 36 – 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

Таким образом, в зоне проведения исследований, часто засушливой или неустойчивого увлажнения, при отсутствии полегания между высотой растений озимой мягкой пшеницы и урожайностью установлены положительные зависимости. Наличие высокопродуктивных сортов среди карликовых и полукарликовых пшениц (Донская лира, Zamozhnist, Ясногорка) свидетельствует о возможности сочетания анализируемых показателей в одном генотипе. Важными характеристиками высокопродуктивных сортов пшеницы, относящихся к разным по высоте морфотипам, следует считать достаточно большую емкость запасующих органов, максимально длительное сохранение жизнеспособности верхних листьев, хорошую аттрагирующую способность.

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 выделенного исход-

ного материала или подбор из современного перечня пшениц, включенных в Госреестр по Средневолжскому региону, является актуальной задачей. Тем более, что из-за возможности многих производителей товарного зерна пшеницы 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

4.4.1 Сортовая дифференциация озимой мягкой пшеницы по урожайности

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.

Средняя урожайность сортоиспытания озимой пшеницы за весь период исследований составила 3,15 т/га (таблица 37). Высокой средней урожайностью за шестилетний период исследований (2011-2016 гг.) характеризовались сорта Светоч (3,57 т/га), Волжская 100 (3,43 т/га) и стандарт Волжская К (3,40 т/га). 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).

Таблица 37 – 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>Ij</i>)	0,49	-1,34	-0,96	0,75	-0,68	1,71	–	–

Сортов пшеницы, существенно превысивших по урожайности стандарт Волжская К (4,20 т/га, $НСР_{05} = 0,52$ 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 5) и недостаточное увлажнение в весенне-летний период вегетации культуры – ГТК = 0,9 (см. таблицу 7, приложение 1). Согласно А.А. Жученко (2004), устойчивость сорта к стрессовому фактору может обеспечиваться через механизмы «избежания» и «выносливости». 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. В сложившихся засушливых условиях сорт Марафон также не смог реализовать свои продукционные возможности – его урожайность составила всего 1,51 т/га, что ниже среднего значения в опыте (1,81 т/га). Высокая степень повреждения шведской мухой сортов Волжская К, Санта и Безенчукская 380 (устойчивость к вредителю 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 $НСР_{05} = 0,26$ 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 10) и недостаточным увлажнением в весенне-летний период её вегетации (ГТК=0,8, приложение 1). 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 ($HCP_{05} = 0,36$ т/га), уступили на 0,38-1,36 т/га пшеницы Бирюза, Харьковская 92, Базальт, Московская 39, Ресурс (см. таблицу 37).

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 ($HCP_{05} = 0,56$ т/га), а уступил – сорт Мироноская 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 1). 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 ($HCP_{05} = 0,26$ 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 37). 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 ($HCP_{05} = 0,32$ 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 НСР₀₅ = 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 38).

Таблица 38 – 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.
1	2	3	4	5
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)	-	-

Продолжение таблицы 38

1	2	3	4	5
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 38, таблица 39). Превысившие в 2011 г. по урожайности стандарт на 3-346 г/м² пшеницы 1-го набора сортообразцов Zamozhnist, Lytavinka, Manzheliya, Dashenka, Kalyanova (Украина) и Mina (Сербия), в 2012 г. уступили ему 17-313 г/м². 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.

Таблица 39 – 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					
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					
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

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 мягкой пшеницы сеялочного посева за весь период исследований составила 3,15 т/га. Наибольшую урожайность формировали сорта Волжская К, Волжская 100, Светоч (3,40-3,57 т/га). Исследование урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения

показало, что в наибольшей степени приспособлены к условиям Среднего Поволжья сорта отечественной селекции. Ценность в качестве исходного материала для селекции исследуемой культуры на урожайность представляют сорта 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. Определённую возможность установления закономерностей формирования урожайности в зависимости от генотипа, средового фактора и их взаимодействия даёт анализ структуры урожайности. Ряд авторов [Савитский М.С., 1967; Морозова З.А., 1994; Акимова О.И., 2009; 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. Согласно Г. Штурм и Ф.А. Беккер (2013), детальный анализ составных частей урожайности озимой пшеницы необходим для контроля за состоянием растений и возможности целенаправленного влияния на формирование определенных элементов её структуры. Изучение вклада в урожайность зерна озимой пшеницы отдельных элементов её структуры имеет практическое значение и при корректировке селекционных программ [Четвертакова Н.Н., 1995; Slafer G.A., 1996; Poehlman J.M., 2013; Маслова Г.Я., 2018^B; Philipp N., 2018].

Урожай зерна пшеницы с 1 м² или урожайность складывается из составляющих её компонентов (рисунок 23), 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; Байер Я, 1984; Duggan V.L., 2006; Петрова, Н.Н., 2010; Русанов И.А., 2010; Кудряшов И.Н., 2011].

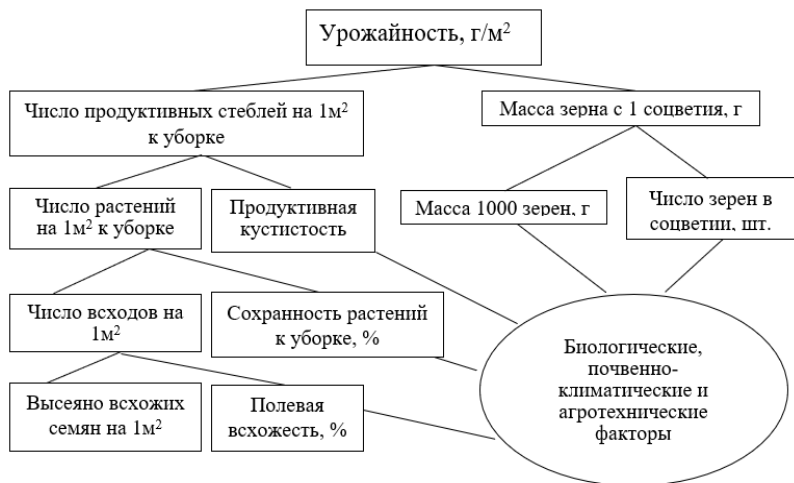


Рисунок 23 – Элементы структуры урожайности зерновых злаковых культур и факторы их определяющие

Ряд авторов [Лукияненко 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. Для условий северокавказского региона П.П. Лукьяненко (1990) наиболее важным компонентом урожая считал массу зерна с колоса. Он выявил высокую положительную связь этого признака с урожайностью ($r = 0,70-0,72$). В ходе ретроспективного анализа результатов селекции озимой мягкой пшеницы в Нечерноземье Б.И. Сандухадзе (2006) было выявлено, что повышение урожайности у сортов разных периодов выведения обусловлено увеличением числа продуктивных стеблей на единице площади. 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. Не все сорта одинаково проявляют себя в одних и тех же условиях возделывания, и, поэтому, реализация их генетически обусловленного урожайного потенциала может происходить через различные

слагающие элементы структуры урожайности [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. Согласно С.Ф. Ковалю с соавторами (2005), количественная величина этого показателя определяется взаимодействием многих генетических систем с конкретными условиями среды. 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 [Firouzzian A., 2003; Alqudah A.M., 2020; Gupta P.K., 2020]. Тем не менее, многие исследователи считают, что корреляционные исследования позволяют лучше понять связь различных признаков с урожайностью зерна [Маслова Г.Я., 2018^b, 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 40). 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.

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

Таблица 40 – Коэффициенты корреляции ($r \pm S r$) между урожайностью озимой мягкой пшеницы и элементами её структуры

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

*- достоверно на 5 % уровне значимости

** - достоверно на 1 % уровне значимости

определяться в большей степени густотой 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 густотой продуктивного стеблестоя и продуктивностью главного колоса в 2012-2014 гг. и в среднем за весь период исследований отмечалась обратная зависимость разной силы (таблица 41). При этом в 2013 г. отмечена связь сильная, обратная, значимая на 1 % уровне – $r = -0,73+0,19$. Обратная зависимость 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 42). Наибольшая густота 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 37). У сорта Бирюза урожайность составила 3,09 т/га, что меньше стандарта на 0,31 т/га. Густота продуктивного стеблестоя озимой мягкой пшеницы во все годы проведения исследований в сортовом разрезе изменялась в сильной степени – $V = 23,1-27,9$ % (таблица 43).

Внутрисортная изменчивость была слабой у сорта Бирюза – $V = 7,3$ %, средней степени у пшениц Волжская К, Волжская СЗ, Светоч, Московская 39 – $V = 10,8-18,0$ % (рисунок 24). У остальных сортов число продуктивных стеблей на единице площади изменялось по годам исследований в сильной степени (V более 20 %).

Таблица 41 – 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

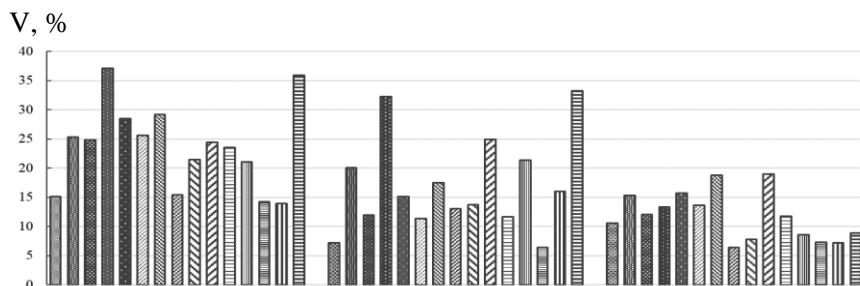
Таблица 42 – Структура урожайности сортов озимой мягкой пшеницы (среднее за 2011-2014 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га	Полевая всхожесть, %	Число к уборке, шт./кв. м			Общая кустистость	Продуктивная кустистость	Сохранность растений, %	Масса зерна, г		Главный колос						Масса 1000 зерен, г	
			растений	стеблей	продуктивных стеблей				растения	колоса	Масса зерна, г	Длина, см	Плотность, шт./л ³ см	Количество				зерен, шт
														колосков всего, шт	неразвитых колосков, %	зрелых колосков, %		
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	

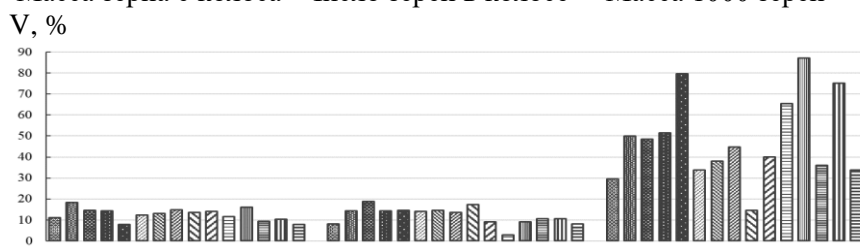
Таблица 43 – Изменчивость элементов структуры урожайности озимой мягкой пшеницы

Признак	Год урожая				V, % от-до
	2011	2012	2013	2014	
Полевая всхожесть	11,9	13,1	17,0	8,5	8,5-17,0
Число растений к уборке	49,0	33,1	13,8	55,3	13,8-55,3
Число стеблей к уборке	23,5	24,1	20,9	20,7	20,9-24,1
Густота продуктивного стеблестоя	26,8	23,9	23,1	27,9	23,1-27,9
Общая кустистость	28,5	23,0	16,7	42,7	16,7-42,7
Продуктивная кустистость	29,8	17,2	18,6	47,2	17,2-47,2
Сохранность растений	54,2	30,7	25,6	49,9	25,6-54,2
Масса зерна с растения	39,6	29,1	15,4	46,8	15,4-46,8
Масса зерна с колоса	14,8	26,1	20,1	12,5	12,5-26,1
Главный колос					
Масса зерна	15,2	26,5	20,8	11,8	11,8-26,5
Длина колоса	13,6	12,0	11,2	9,5	9,5-13,6
Число колосков в колосе	7,9	9,7	4,5	6,9	4,5-9,7
Количество неразвитых колосков	51,6	40,8	53,9	43,5	40,8-53,9
Число зерен в колосе	13,3	22,8	14,1	9,6	9,6-22,8
Масса 1000 зерен	9,5	8,6	11,0	6,3	6,3-11,0
Плотность колоса	10,6	13,5	11,2	8,9	8,9-13,5

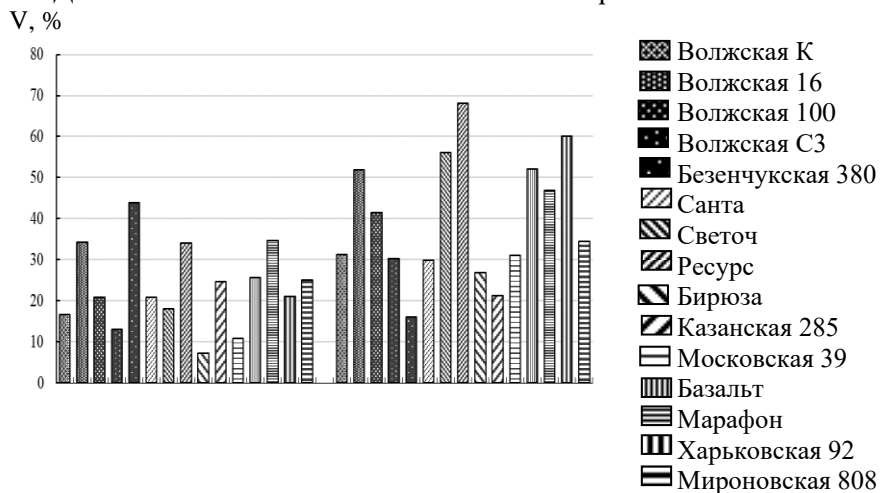
Густота продуктивного стеблестоя озимой мягкой пшеницы в сильной степени зависела от продуктивной кустистости лишь в 2013 г. ($r = 0,81 \pm 0,16$, связь положительная, тесная, достоверная на 0,1 % уровне значимости). В остальные годы исследований количество продуктивных стеблей пшеницы, формирующихся на единице площади достоверно на 5, 1 и 0,1 % уровнях значимости зависело от числа растений к уборке.



Масса зерна с колоса Число зерен в колосе Масса 1000 зерен



Длина колоса Число колосков в колосе Неразвитость колосков



Число продуктивных стеблей Продуктивная кустистость

Рисунок 24 – Коэффициенты вариации (V, %) элементов структуры урожайности сортов озимой мягкой пшеницы, % (2011-2014 гг.)

Коэффициенты корреляции в 2011, 2012, 2013, 2014 гг. и за весь период исследований (см. таблицу 41) 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 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 11).

Стрессовые факторы зимнего периода могут приводить не только к гибели отдельных растений, что сказывается на количестве сохранившихся к уборке растений, но и к повреждению некоторых растений, и, как следствие, к задержке роста и развития растений, слабому весеннему кущению, уменьшению продуктивных стеблей [Крюков А.А., 2009; Лазарев, В.И. 2015].

Согласно Г. Штурму и Ф.А. Беккеру (2013), сроки осуществления мер по уходу за посевами должны быть тесно увязаны с процессом формирования урожая. Авторы полагают, что весеннее внесение азотных удобрений в фазе кущения является ключевым фактором формирования максимального числа продуктивных стеблей и залогом будущего урожая, а минеральная подкормка в фазе выхода в трубку препятствует отмиранию уже сформировавшихся побегов.

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 м^2 к уборке в среднем за весь период исследований составило 159 шт./м^2 (см. таблицу 42) с размахом изменчивости 114 шт./м^2 (сорт Марафон, зимостойкость 4,2 балла) – 193 шт./м^2 (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. Как было отмечено выше (см. раздел 3.1) особенностью предпосевного и послепосевного периода озимой пшеницы в Ульяновской области является очень высокая вариабельность осадков, что не

может гарантировать получение своевременных и дружных всходов, высокой полевой всхожести культуры. 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 зависимости между числом растений озимой мягкой пшеницы к уборке на единице площади и полевой всхожестью семян (см. таблицу 41). Одной из причин этому можно считать подверженность растений исследуемой культуры к стрессовым факторам периода вегетации и холодного периода года. Так, в опыте 2011 г. изреженность посева озимой мягкой пшеницы была вызвана повреждением ледяной коркой и избыточным увлажнением в мае и в июне, в 2012 г. – выпреванием, повреждением шведской мухой и засушливыми условиями в весенне-летний период вегетации, в 2013 г. – сильным выпреванием и засушливыми условиями летнего периода, в 2014 г. – также засушливыми условиями вегетации культуры (см. раздел 2.2.2).

Я.В. Губанов и Н.Н. Иванов (1988) сообщают, что от неблагоприятных погодных условий может быть потеряно до 20-50 % и более растений озимой пшеницы, от конкурентной борьбы с сорняками до 15-20 %. Часть растений погибает и в результате внутривидовой конкуренции. Особенно это характерно для загущенных участков посева, при разноглубинной заделке семян и их разнокачественности [Барнаков Н.В., 1982; Stougaard R.N., 2004; Шелоухова, Н.А., 2018]. В проведённых исследованиях сохранность растений озимой мягкой пшеницы к уборке варьировала от 35 % (2012 г.) до 49 % (2014 г.) при среднем её значении за весь период исследований 44 % (см. таблицу 42), а изреженность соответственно от 51 % (2014 г.) до 65 % (2012 г.) при среднем её значении 56 %.

Продуктивная кустистость пшеницы определяется числом продуктивных стеблей, приходящихся на одно растение, а общая кустистость – числом всех стеблей растения. Согласно А.И. Носатовскому (1965) «... число стеблей на одно растение может колебаться от одного до нескольких сотен». Автор связывает эту особенность с высокой пластичностью пшеничного растения.

Во влажном 2011 г. (ГТК в мае 2,1, приложение 1) сложились наиболее благоприятные условия для кущения – продуктивная кустистость озимой мягкой пшеницы составила 3,2 (при-

ложение 6.1), что превышает значение данного показателя в остальные годы исследований. 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 24). 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 зерновых злаковых культур характеризуются чёткими 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 41). 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 исследований связь между этими показателями прямая и сильная – $r = 0,85 \pm 0,15$.

Продуктивная кустистость, число растений и продуктивных стеблей на единице площади – это элементы структуры урожайности озимой мягкой пшеницы, формирующиеся не на конечном этапе её вегетационного периода. В связи с этим, в отдельных случаях даже при малой густоте продуктивного

стеблестоя урожайные возможности сорта пшеницы могут быть реализованы в дальнейшем при благоприятных условиях в период налива зерна в силу наличия вышеуказанных компенсаторных механизмов. Так, в 2014 г. при наименьшей густоте продуктивного стеблестоя (293 колоса на 1 м², приложение 6.2) была сформирована наибольшая урожайность среди всех лет исследований – 3,90 т/га (см. таблицу 37). При этом масса зерна с главного колоса составила 1,5 г, что на 0,2-0,6 г больше, чем в другие годы исследований (приложение 6.3).

Двухфакторным дисперсионным анализом установлено достоверное влияние генотипа, среды и их взаимодействия на изменчивость элементов структуры урожайности озимой мягкой пшеницы (рисунок 25). Известно, что высокая эффективность отбора в селекции ожидается по признакам, изменчивость которых в большей степени обусловлена генотипом. 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. Увеличение элементов структуры урожайности озимой пшеницы можно достичь подбором оптимальных агротехнических мероприятий, разработкой сортовых агротехнологий.

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.

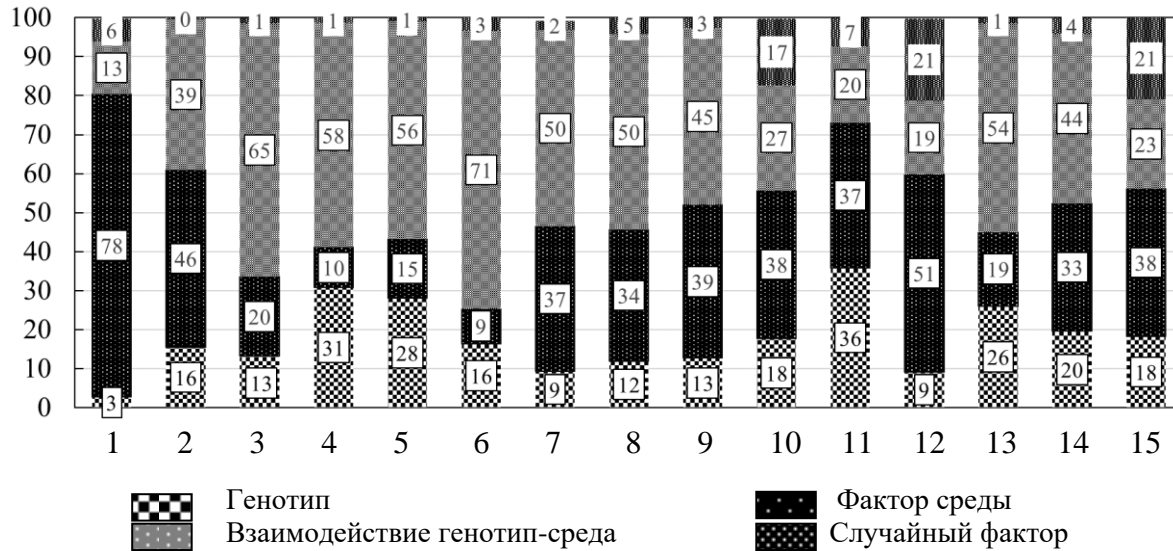


Рисунок 25 – Вклад разных факторов в изменчивость урожайности озимой мягкой пшеницы (2011-2016 гг.) и слагаемых её элементов (2011-2014 гг.), %

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

И густота продуктивного стеблестоя, и число сохранившихся к уборке растений достоверно положительно в сильной степени коррелировали с зимостойкостью ($r = 0,77 \pm 0,18$ и $r = 0,84 \pm 0,18$ соответственно). В умеренно-континентальном климате лесостепи Среднего Поволжья часть растений и продуктивных стеблей озимой пшеницы выпадает в результате стрессовых факторов зимы, а также осеннего и весенне-летнего периодов вегетации культуры (сохранность 44 %). Это указывает на важность использования в производстве адаптивного сортимента пшениц.

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 ожидается высокая 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 в среднем за весь период исследований установлена сильная, прямая, достоверная на 0,1 % уровне корреляционная связь, близкая к функциональной – $r = 0,93 \pm 0,1$ (таблица 44).

Как было отмечено выше (см. таблицу 40), между массой зерна с колоса и урожайностью озимой мягкой пшеницы в

Таблица 44 – 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	-	0,03±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

целом по сортоиспытанию не установлено достоверной положительной зависимости. 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. таблицу 37, приложение 6.3). 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 1 и 5). 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 (приложение 6.3).

Внутрисортовая изменчивость анализируемого показателя у сортов Волжская К, Ресурс, Марафон, Харьковская 92 средней степени ($V = 13,9$ - $15,4$ %, см. рисунок 26), 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 6.3).

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 корреляционные зависимости (см таблицу 44). 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. Согласно Ф.М Куперман (1977), закладка цветочных бугорков начинается на V этапе органогенеза. Этому этапу соответствует фаза выхода в трубку, когда интенсивно растут I и II междоузлия стебля. В течение двух-трёх дней определяется число цветочных бугорков в каждом колоске. Значительная их редукция наблюдается в период от V до VII этапа (фаза колошения). В меньшей степени редуцируют цветки в промежуток времени между VII и IX этапами (фаза цветения), и ещё в меньшей – от IX до XII этапа (восковая и полная спелость).

Исследованиями установлено, что в зоне проведения исследований главный колос озимой мягкой пшеницы в среднем имеет 16 колосков и 30 зёрен (см. таблицу 42). 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 закладывающихся цветочных бугорков (7-10) колоска колоса пшеницы.

Наименьшая озернёность колоса пшеницы отмечена в 2012 г. – 26 зёрен в колосе (приложение 6.4). Причиной этого можно считать повреждение посевов исследуемой культуры

шведской мухой. Известно, что в случае совпадения уязвимой фазы растения (фазы кущения и выхода в трубку) и агрессивной фазы шведской мухи (фаза личинки) происходит разрушение конуса нарастания внутри стебля, что внешне проявляется в усыхании центрального листа [Семенова А.Г., 2008]. 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. В 2013, 2014 гг. исследований отмечена высокая озернёность соцветия озимой пшеницы – 33 зерна с колоса при среднем её значении за весь период исследований 30 зёрен. 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. С.Ф. Коваль с соавторами (2005) считают, что с эволюционных позиций сорта с высокой озернёностью колоса являются более приспособленными к условиям среды, так как их растения, имея увеличенное число семян, вносят больший вклад в следующее поколение.

Исследуемый сортовой состав озимой мягкой пшеницы различался по внутрисортовой вариабельности озернённости колоса. Слабая изменчивость данного показателя (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 24). Изменчивость озернённости колоса остальных сортов озимой пшеницы была средней степени ($V = 11,4-20,0 \%$). Согласно Г. Штурму и Ф.А. Беккеру (2013), увеличению количества зёрен в колосе пшеницы способствует внесение азотных удобрений в фазу выхода в трубку.

К составляющим продуктивности колоса также относятся длина колоса и число колосков в колосе. Являясь сортовыми особенностями, они также могут варьировать под влиянием условий, складывающихся в период их формирования. Так, продолжительное пребывание растений на III-IV этапах органогене-

за (конец кущения – начало выхода в трубку), когда закладываются размеры колоса и идёт процесс его сегментации, способствует большей длине колоса и большему количеству колосковых бугорков [Куперман Ф.М., 1977; Коломейченко, В.В., 2007].

Наименьшая длина колоса отмечена в 2011 г. – 6,3 см (приложение 6.5). 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 6.6). В анализируемом году отмечена прямая зависимость средней силы между длиной колоса и числом колосков в колосе – $r = 0,56 \pm 0,23$, достоверно на 5 % уровне значимости (см. таблицу 44). В остальные годы исследований связи между этими показателями также прямые, но их достоверность не подтверждена.

Наибольшая 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 (см. таблицу 37). Также выявлены положительные корреляционные связи средней силы (см. таблицы 40 и 44) 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 (см. таблицу 42). Во все годы исследований длинный колос (выше средних значений по опытам разных лет) имели сорта Волжская 100, Московская 39. Межсортовая вариабельность длины колоса в годы исследований отмечена слабой и средней степени – $V = 9,5-13,6$ % (см. таблицу 43). У сортов Мироновская 808, Безенчукская 380 и Марафон изменчивость длины колоса слабая – $V = 7,8-9,4$ %, у остальных сортов средняя – $V = 10,3-18,3$ %

(см. рисунок 24).

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. таблицу 42, приложение 6.7). 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 средне-европейских сортов пшеницы составляет 21 колосок в колосе. С.Ф Коваль с соавторами (2005) полагают, что большое число колосков в колосе у пшеницы является плеiotропным эффектом позднеспелости. Однако, в проведенных нами исследованиях у вышеперечисленных сортов пшеницы позднеспелость не установлена (см. таблицы 20 и 21).

Ф.М. Куперман (1977) отмечает, что число колосков в колосе увеличивается в условиях хорошей освещенности посевов, что обеспечивается оптимальной густотой стояния растений, размещением рядков с севера на юг. С возрастанием плотности посева пшеницы в результате взаимного затенения растений происходит уменьшение числа колосков в колосе. Это соответствует проведенным исследованиям – 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 (приложения 6.2 и 6.7). Однако достоверные корреляционные зависимости между рассматриваемой парой показателей установлены не были (см. таблицу 41). Не были установлены также достоверные корреляционные зависимости также между количеством колосков в колосе и другими показателями структуры: продуктивностью колоса, длиной колоса, числом зёрен в колосе, количеством неразвитых колосков (см. таблицу 44), что, по-видимому, обусловлено сложным генетическим контролем рассматриваемых признаков.

Межсортовая изменчивость числа колосков в колосе слабая – $V = 4,5-9,7 \%$, внутрисортовые значения слабой и средней степени – $V = 2,9-18,8 \%$ (приложение 6.7).

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 % (приложение 6.8). 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 44). 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 43, рисунок 24). 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, А.А. 2005; Лихочвор В.В., 2008; Маслова, Г.Я., 2018^b]. Поэтому в случае неблагоприятных условий в период налива зерна снижение урожая зерна уже не может быть компенсировано никакими другими слагающими урожайности. Во все годы исследований между продуктивностью колоса и массой 1000 зёрен установлены прямые зависимости, в 2012-2014 гг. связи тесные, достоверные на 1 % уровне значимости (см. таблицу 44).

Некоторые литературные источники [Коваль С.Ф., 2005; Коновалов Ю.Б., 2013] указывают на существование отрицательной зависимости 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 о некотором резерве повышения продуктивности колоса озимой мягкой пшеницы за счёт одновременного увеличения числа зёрен и их крупности.

Среднее значение показателя масса 1000 зёрен озимой мягкой пшеницы за весь период исследований составило 40,5 г (см. таблицу 42, приложение 6.9). 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, что вызвало дополнительное кущение у сохранившихся растений, и, как следствие, формирование мелкого зерна (масса 1000 зёрен 34,9 г).

Межсортовая изменчивость показателя массы 1000 зёрен озимой мягкой пшеницы во все годы исследований слабая – V до 11,0 % (приложение 6.9). Внутрисортовая вариабельность анализируемого показателя у сортов Ресурс, Бирюза, Марафон, Базальт, Харьковская 92, Мироновская 808 слабая – $V = 7,2-8,9$ % (см. рисунок 24), 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 заканчивается 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 В) – 26,1 %, при меньшем вкладе условий среды (фактор А) – 18,9 %, что является важным для отбора в селекционном процессе культуры (см. рисунок 25). 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 А и В) 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 признака «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 не-

развитых 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 растений 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. Оценка параметров экологической адаптивности сортифта той или иной сельскохозяйственной культуры позволяет получить необходимую информацию при формировании оптимальной структуры сортовых посевов, исходя из особенностей конкретной почвенно-климатической зоны, отдельного района, хозяйства и используемых технологий [Жученко А.А., 2004; Кононенко Л.А., 2010; Кривобочек В.Г., 2010; Рыбась И.А., 2016].

По мнению многих авторов [Сюков В.В., 2006; Давыдова Н.В., 2020; Захаров В.Г., 2020] универсального параметра, способного адекватно оценить экологическую адаптивность генотипов в сериях многосредовых исследований не существует, потому что реакция генотипа на факторы окружающей среды всегда является многомерной. В этой связи, достаточно продуктивным для оценки экологической адаптивности, считается использование комплекса параметров.

Урожайность зерна пшеницы является главным и обобщающим показателем, характеризующим конечный результат взаимодействия генотипа и условий среды. Поэтому в качестве основного критерия при оценке адаптивных свойств изучаемых сортов часто используется именно этот показатель. В проведённых нами исследованиях также 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 45). Это свидетельствует о значительном влиянии фактора среды на формирование урожайности исследуемого сортифта озимой пшеницы. Наименьшая

Таблица 45 – 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, (Ном)	Селекционная ценность генотипа, 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 СЗ	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

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 37). 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.

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 46), который позволил выявить высокие достоверные различия между условиями среды (фактор А), сортами (фактор В) и эффектом их взаимодействия (АхВ). 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 сорта-мента озимых пшениц, хотя и статистически значима, что указывает на наличие дифференциации по адаптивности среды исследуемых генотипов.

Вклад в итоговый показатель совместного действия факторов АхВ 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 использования сортовых агротехнологий.

Показатель «реализация потенциала урожайности» рассчитывается как отношение среднего её значения к максимальному, выраженное в процентах [Неттевич Э.Д., 2001].

Таблица 46 – Значимость и вклад разных факторов в формирование урожайности зерна озимой мягкой пшеницы

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0,05}$	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

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 37). Однако, реализация урожайного потенциала этих сортов отмечена низкая – 55,6 и 53,8 % соответственно (см. таблицу 45). 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 (b_i) характеризует среднюю реакцию сорта на изменение условий среды, показывает его пластичность и дает возможность прогнозировать изменения иссле-

дуемого признака в рамках изучаемых условий. Чем больше значение коэффициента ($b_i > 1$), тем большей отзывчивостью на изменение условий среды обладает генотип. Варианса стабильности признака (Sd^2) показывает, насколько надёжно сорт соответствует той пластичности, которую оценил коэффициент регрессии b_i . Чем ближе Sd^2 к 0, тем меньше отличаются эмпирические значения признака от теоретических, расположенных на линии регрессии [Пакудин В.З., 1984].

Высокопластичные сорта с $b_i > 1$ 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 ($b_i = 1,10-1,40$) в исследованиях установлена у сортов: Ресурс, Волжская 100, Харьковская 92, Марафон, Базальт и Светоч (таблица 47).

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 ($1,3 < b_i < 1,4$). 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 ($1,2 < b_i < 1,3$). 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.

Таблица 47 – 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
Полуинтенсивные сорта	высокая фенотипическая стабильность	Марафон	1,16	28,38
		Базальт	1,15	6,37
		Светоч	1,10	15,69
Экстенсивные 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 С3	0,84	9,28
		Санта	0,82	5,65
	пониженная фенотипическая стабильность	Казанская 285	0,80	8,56
Мироновская 808		0,73	13,79	
Экстенсивные сорта	низкая фенотипическая стабильность	Безенчукская 380	0,56	10,08

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 контраст-

ных 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 ($0,9 < b_i < 1,1$) имеют сорта озимой пшеницы полуинтенсивного типа Бирюза, Московская 39, Волжская 16 и Волжская К, для которых характерна очень высокая фенотипическая стабильность (см. таблицу 47). 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 (сорты Волжская К; $5,0 < Sd^2 < 7,5$) и очень низкая (сорты 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 ($0,8 < b_i < 0,9$). 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 ($0,7 < b_i < 0,8$) и Безенчукская 380 ($0,6 < b_i < 0,7$). Величина дисперсии урожайности обоих сортов ($Sd^2 > 10,0$) свидетельствует об очень сильном отклонении значений признака относительно линии регрессии и, соответственно, о низкой стабильности реакций этих пшениц в разнообразных условиях среды.

Наиболее ценными для возделывания в интенсивных условиях среды исследуемого сортамента 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) (рисунков 26). В качестве примера на данном рисунке представлены линии регрессии 8 сортов озимой мягкой пшеницы, относящихся к различным группам, выделенным в таблице 47. Линии регрессии высокопластичных пшениц Ресурс, Харьковская 92, Базальт отличаются по углу наклона от среднепластичных сортов Бирюза и Волжская К и низкопластичных сортов Санта, Мионовская 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 (см. таблицу 45) характеризовались сорта – стандарт Волжская К, Безенчукская 380, Санта, Казанская 285, Мионовская 808 ($Hom = 10,0-12,0$), наименьшими – пшеницы Базальт, Ресурс и Марафон ($Hom = 5,7-6,1$).

Важным параметром оценки адаптивных свойств сорта является также селекционная ценность генотипа (Sc). Данный параметр, согласно В.В. Хангильдину и Н.А. Литвиненко (1981), даёт трансформированный по индексу устойчивости урожай, показывающий величину стабильной его части. Наибольшая селекционная ценность в исследовании установлена у сортов Волжская К, Безенчукская 380, Санта ($Sc = 1,49-1,69$), наименьшая – у сорта Ресурс ($Sc = 0,63$).

Для оценки адаптивности сортов различных сельскохозяйственных культур может быть использован также показатель стрессоустойчивости, предложенный А.А. Rossielle и J. Hemblin (1981).

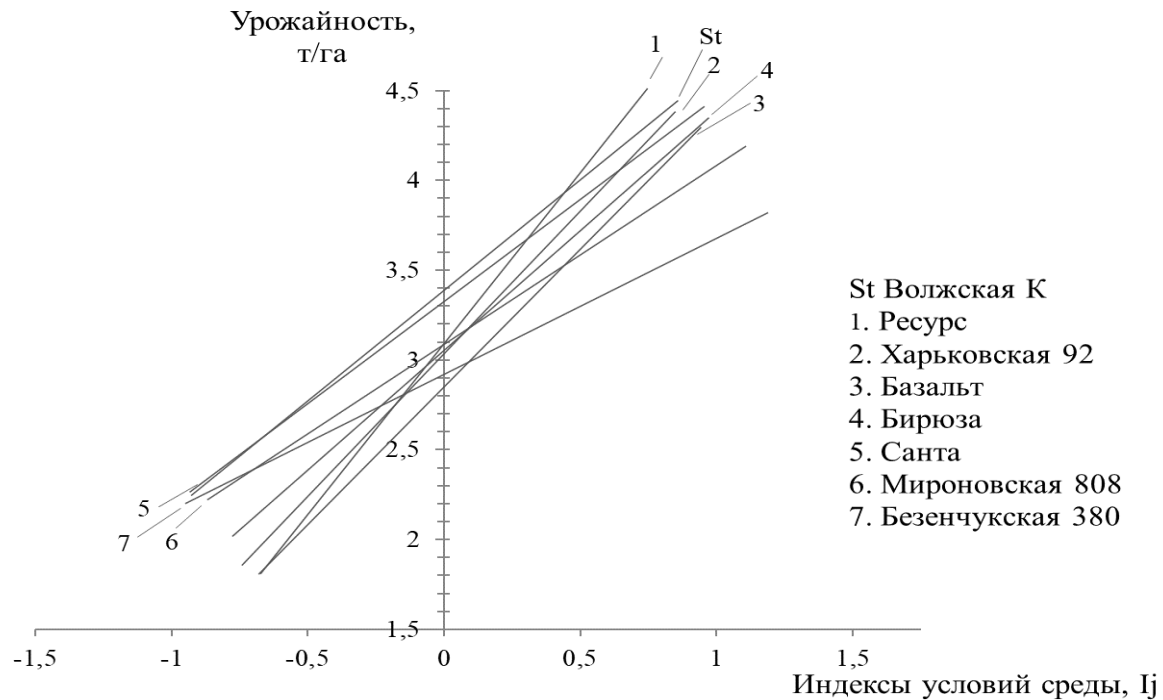


Рисунок 26 – Линии регрессии по показателю «урожайность зерна» сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий среды (2011-2016 гг.)

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 45) 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 отношением 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]. Относительно высокая экологическая буферность по фенотипической стабильности урожайности зерна (см. таблицу 45) 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. В данном случае величина «среднесортовая урожайность» выражает общую норму реакции определенной совокупности сортов на факторы внешней среды в каждом конкретном году. Реакция же отдельного сорта на сложившиеся условия вегетационного периода может быть определена отношением его урожайности к

среднесортovому значению. 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 48), что свидетельствует об их хорошей приспособленности к агроэкологическим условиям зоны проведения исследований. Остальные сорта озимой пшеницы, согласно данной методике, характеризовались более низкими адаптивными свойствами.

Дважды за шестилетний период испытаний сорта Безенчукская 380, Марафон, Мироновская 808 имели коэффициенты адаптивности меньше 1. Сорта Волжская 100, Волжская С3, Ресурс, Казанская 285, Московская 39, Бирюза, Базальт, Харьковская в большем числе лет исследований уступали по урожайности среднесортovым её значениям, а их коэффициенты адаптивности соответственно были меньше 1.

Подытоживая рассмотрение различных параметров экологической адаптивности, следует отметить, что методика S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) с определением пластичности и стабильности (b_i и Sd^2) необходима для установления технологии, по которой сорт озимой мягкой пшеницы лучше всего возделывать в производстве: интенсивной, полуинтенсивной или экстенсивной. В проведённых исследованиях интенсивными с невысокими значениями Sd^2 (до 7,5 %) проявили себя сорта Харьковская 92, Базальт, полуинтенсивными – Бирюза, Волжская К, экстенсивным – Санта (см. таблицу 47).

По 6-и параметрам экологической адаптивности (реализация потенциала урожайности, коэффициент вариации, гомеостатичность, селекционная ценность генотипа, стрессоустойчивость и фенотипическая стабильность) выделился сорт Безенчукская 380 (таблица 49). 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 48).

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

Таблица 48 – 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 СЗ	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

Таблица 49 – Выделившиеся по показателям адаптивности сорта озимой пшеницы (+) и их ранжирование по урожайности, 2011-2016 гг.

Сорт	Урожайность, т/га	Реализация потенциала урожайности	Коэффициент вариации	Гомеостатичность	Селекционная ценность генотипа	Стрессоустойчивость	Фенотипическая стабильность	Коэффициент адаптивности
Светоч	3,57	-	-	-	-	-	-	-
Волжская 100	3,43	-	-	-	-	-	-	-
Волжская К	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	-	-	-	-	-	-	-

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 в основе обратной зависимости рассматриваемых показателей лежит действие закона перераспределения биоэнергетического потенциала между признаками и свойствами генотипа [Реймерс Н.Ф., 1994]. Поэтому, ведя селекцию на повышенную

экологическую устойчивость, приходится жертвовать определённой частью урожайного потенциала.

По ряду параметров, характеризующих адаптивные свойства сортов озимой мягкой пшеницы (гомеостатичность, селекционная ценность генотипа коэффициент адаптивности), выделились сорта Волжская К и Санта. 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 даёт возможность в максимальной степени использовать имеющийся почвенно-климатический потенциал хозяйства, района, региона в целом и обеспечить рост урожайности культуры и её стабильность.

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 ле-

леса Степи 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 ози-

мой 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 зависимости (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 $0,84 \pm 0,15$ 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. Высокие адаптивные свойства генотипов озимой мягкой пшеницы не всегда сочетаются с их высоким продукционным потенциалом. Всесторонняя оценка урожайности и параметров экологической адаптивности сортов позволяет подобрать генотипы, у которых в определенной степени достигнуто оптимальное сочетание между урожайностью и экологической адаптивностью. Оценка пластичности и стабильности сортов предполагает дифференцированное их использование в зависимости от интенсивности и способствует максимальной реализации продукционного потенциала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области. Издание второе. – Гидрометеиздат. – Ленинград, 1968. – 128 с.
2. Абрамов, Н.В. Биопотенциал агроэкосистем в условиях Северного Зауралья / Н.В. Абрамов // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 10 (64). – С. 8-10.
3. Абрамова, З.В. Практикум по генетике / З.В. Абрамова. – Л.: Агропромиздат, 1992. – 224 с.
4. Абрамова, Т.В. Ульяновская область в цифрах / Т.В. Абрамова, Р.А. Горлачева, Е.А. Денисова // Краткий статистический сборник. – Ульяновск, 2020. – 136 с.
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. 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.
7. Алимов, К.Г. Влияние изменения климата на устойчивость производства зерна / К.Г. Алимов, Г.К. Алимova // АгроФорум. – 2020. – № 6. – С. 70-75.
8. Амелин, А.В. Селекция на повышение фотозенергетического 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.
9. Андреева, З.В. Влияние экологических факторов на реализацию генетического потенциала сортов мягкой яровой пшеницы в Западной Сибири / З.В. Андреева, Р.А. Цильке // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 6. – С. 27-32.
10. Андрияш, Н.В. Источники скороспелости для селекции озимой пшеницы / Н.В. Андрияш, А.И. Бороданенко, О.Д. Градчаннова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Л. ВИР. – 1984. – Т. 84. – С. 23-28.
11. Барнаков, Н.В. Научные основы семеноводства зерновых культур / Н.В. Барнаков. – Новосибирск: Наука, 1982. – 324 с.
12. Байер, Я. Формирование урожая основных сельскохозяй-

ственных культур / Байер Я., Черны В., Ферик М. [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 367 с.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Беспалова, Л.А. Сортовые структуры – системный фактор интенсификации селекции и производства зерна пшеницы / Л.А. Беспалова, И.Н. Кудряшов, А.Н. Аулов [и др.] // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 41-43.

19. Бiryюков, К.Н. Сроки посева озимой пшеницы - один из решающих факторов стабильных урожаев высокого качества на Дону / К.Н. Бiryюков, А.И. Грабовец, М.А. Фоменко, О.В. Беседина // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 3. – С. 56-61.

20. Вавилов, Н.И. Научные основы селекции пшеницы / Н.И. Вавилов. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. – 244 с.

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. Гончаренко, А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции / А.А. Гончаренко // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 2 (44). – С. 31-36.
25. Гордеев, А.В. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков [и др.]. – М., 2006. – 512 с.
26. 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 аграрных наук. – 2019. – Т. 57. – №. 4. – С. 444-453.
27. Городов, В.Т. Повышение фотоактивности листьев растений яровой пшеницы селекционным путем / В.Т. Городов, А.В. Амалин, Е.И. Чекалин [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 151-162.
28. 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.
29. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. Сорта растений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 719 с.
30. 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. – № 6. – С. 3-6.
31. 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.
32. Губанов, Я.В. Озимая пшеница / Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов. – М., Агропромиздат, 1988. – 303 с.
33. Давыдова, Н.В. Экологическая оценка стабильности и пластичности сортов яровой мягкой пшеницы различных периодов сорто-смены / Н.В. Давыдова, А.О. Казаченко, А.В. Широколава [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 142-149.
34. 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.
35. 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.

36. 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.

37. Долговых, О.Г. Применение когерентного излучения при возделывании зерновых / О.Г. Долговых, О.Н. Крылов, В.В. Красильников // Агроинженерия. – 2009. – № 1. – С.7–11.

38. 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.

39. Дорохов, Б.А. Селекция продуктивных, адаптивных, среднерослых сортов озимой пшеницы / Б.А. Дорохов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (37). – С. 26-29.

40. 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.

41. 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.

42. Егорцев, Н.А. Научно-методические проблемы селекции озимой пшеницы в Среднем Поволжье и пути их решения: монография / Н.А. Егорцев. – Кинель, 2003. – 354 с.

43. Емцева, М.В. Время колошения замещенных и изогенных линий мягкой пшеницы с доминантными аллелями Vrn B1a и Vrn B1c / М.В. Емцева, Т.Т. Ефремова, В.С. Арбузова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С.69-76.

44. 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.

45. 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.

46. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России: теория и практика / А.А. Жученко. – М.: ООО Изд-во Агрорус, 2004. – 1109 с.
47. Захаров, А.И. Об особенностях проведения весенне-полевых работ в 2016 году. URL: <http://pogodaiklimat.ru/http://www.ulniish.ru/index.php/o-nas/novosti-i-sobytiya/75-osobennosti-vesenne-polevykh-raboty-v-2016-godu>
48. 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.
49. 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.
50. 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.
51. 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.
52. 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.
53. 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.
54. Захарова, Н.Н. Урожайность озимой мягкой пшеницы в связи с климатическими ресурсами Ульяновской области / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, М.Н. Гаранин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2(38). – С. 25-30.
55. Захарова, Н.Н. Густота продуктивного стеблестоя озимой мягкой пшеницы и составляющие ее элементы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, Т.Д. Грошева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.

мии. – 2018. – № 3(43). – С. 64-71.

56. 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.

57. Захарова, Н.Н. Элементы продуктивности главного колоса озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, В.Н. Остин // Аграрный научный журнал. – 2019^Б. – № 4. – С. 10-15.

58. Захарова, Н.Н. О микроразнообразии районирования 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^А. – С. 7-11.

59. Захарова, Н.Н. Высота растений озимой мягкой пшеницы в связи с ее урожайностью и устойчивостью к полеганию в лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, М.Н. Гаранин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020^Б. – № 1(49). – С. 51-59.

60. Захарова, Н.Н. Высота растений сортов озимой мягкой пшеницы и ее связь с зимостойкостью в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, Р.А. Мустафина // Аграрный научный журнал. – 2020^Б. – № 5. – С. 14-18.

61. Захарова, Н.Н. Сортвая дифференциация озимой мягкой пшеницы по группам спелости в лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020^Г. – № 2(50). – С. 91-97.

62. Захарова, Н.Н. Оценка показателей экологической адаптивности сортимента озимой мягкой пшеницы в лесостепи среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 5. – С. 24-28.

63. Захарова, Н.Н. Оценка урожайности и адаптивности селекционных линий озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья / Н.Н. Захарова, В.А. Исайчев, Н.Г. Захаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2(58). – С. 72-79.

64. Иванова, А.А. Продовольственная безопасность и изменение климата / А.А. Иванова // Вестник современных исследований. –

2019. – № 1.10 (28). – С. 151-153.

65. 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.

66. 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.

67. Кабашникова, Л.Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков / Л.Ф. Кабашникова. – Минск: Беларус.наукa, 2011. – 327 с.

68. 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.

69. Каюмов, М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник, 2-е изд. / М.К. Каюмов. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

70. Каюмов, М.К. Биоклиматический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования / М.К. Каюмов. – М.: ВСХИЗО, 1991. – 64 с.

71. Киселева, А.А. Генетические механизмы формирования времени колошения мягкой пшеницы / А.А. Киселева, Е.А. Салина // *Генетика*. – 2018. – Т. 54. – № 4. – С. 381-396.

72. 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.

73. Климатический монитор. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27785&month=7&year=2021>

74. Клюшкіна, Р.К. Основы агрономии. Характеристика почв Среднего Поволжья / Р.К. Клюшкіна. – Ульяновск: ГСХА, 2013. – 54 с.

75. Кобылянский, В.Д. Генетика культурных растений / В.Д. Кобылянский, Т.С. Фадеева // *Зерновые культуры*. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. – 1986. – 264 с.

76. 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.

77. 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.

78. 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.

79. 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.

80. Коломейченко, В.В. Растениеводство / В.В. Коломейченко. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.

81. 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.

82. Колосков, П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР / П.И. Колосков // Труды НИИАК. – 1963. – Вып. 23. – С. 90-111.

83. Колосков, П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование / П.И. Колосков. – Л.: Гидрометиздат, 1971. – 327 с.

84. Коновалов, Ю.Б. Общая селекция растений / Ю.Б. Коновалов, В.В. Пыльнев, Т.И. Хуцацария [и др.]. – СПб.: «Лань», 2013. – 477 с.

85. 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. Хуцацария [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – С. 5-85 с.

86. 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.

87. 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.

88. Корзун, А.С. Адаптивные особенности селекции семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О.С. Корзун, А.С. Бруйло. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.

89. 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.

90. 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.

91. 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.

92. 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.

93. 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.

94. 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.

95. 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.

96. 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.

97. 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.

98. 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.

99. 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.

100. 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.

101. 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

102. Кузнецов, В.В. Физиология растений / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2006. – 742 с.

103. Куликова, А.Х. Агроэкологическая оценка физических и биологических свойств почв Среднего Поволжья / А.Х. Куликова, Н.Г. Захаров, А.В. Карпов [и др.]. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2017. – 244 с.

104. Кумаков, В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы / В.А. Кумаков. – М.: Колос, 1985. – 270 с.

105. Куперман, Ф.М. Морфофизиология растений / Ф.М. Куперман. – М. Высшая школа, 1977. – 288 с.

106. Куперман, Ф.М. Вызревание озимых культур / Ф.М. Куперман, В.А. Моисейчик //Л.: Гидрометеиздат. – 1977. – 167 с.

107. Курдюков, Ю.Ф. Оптимальные и предельные сроки посева озимых культур в Поволжье / Ю.Ф. Курдюков, Н.Г. Левицкая, Л.П. Лощина // Агро XXI. – 2008. – № 7–9. – С. 34-36.

108. 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.

109. 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.

110. Лелли, Я. Селекция пшеницы: теория и практика / Я. Лелли. – М.: Колос, 1980. – 384 с.

111. 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.

112. Лихочвор, В.В. Структура врожаю озимой пшеницы: Монография / В.В. Лихочвор. – Львів: НВФ Українські технології, 1999. – 200 с.

113. Лихочвор, В.В. Продуктивность и структура урожая озимой пшеницы / В.В. Лихочвор. – Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 15-19.

114. Лоскутова, Н.П. Селекционная ценность генов короткостебельной пшеницы / Н.П. Лоскутова // Интродуцированный генофонд растений и селекция. – С. Петербург, 2005. – С. 361-377.

115. Лубнин, А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири / А.Н. Лубнин. Новосибирск, 2006. – 372 с.

116. Лукьяненко, П.П. Избранные труды / П.П. Лукьяненко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 428 с.

117. Лыфенко, С.Ф. Полукарликовые сорта озимой пшеницы / С.Ф. Лыфенко. – Киев, 1987. – 192 с.

118. 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.

119. 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.

120. 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.

121. 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.
122. 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.
123. 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^А. – Т. 20. – № 2-3(82). – С. 450-451.
124. 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^Б. – Т.20. – № 2 (4). – С. 680-683.
125. 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.
126. Международный классификатор СЭВ рода *Triticum*. – Л., 1984. – 50 с.
127. Мейстер, Г.К. Проблема селекции озимой пшеницы / Г.К. Мейстер. – Саратов, 1928. – 15 с.
128. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. – М., 1985. – 270 с.
129. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М., 1989. – 194 с.
130. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. – 3-е изд., пераб. – Л.: ВИР, 1977. – 27 с.
131. Моисеева, К.В. Продуктивность сортов озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала / К.В. Моисеева. – 2017. – №. 9 (163). – С. 30-34.
132. Мокроусов, В.В. Генетический полиморфизм краснодарских сортов озимой пшеницы по генам Rht: дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.05 / В.В. Мокроусов. – Краснодар, 2010. – 136 с
133. 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. Община // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14. – № 2 (69). – С. 42-50.

134. Морозова, З.А. Морфогенетический аспект проблемы продуктивности у пшеницы // Морфогенез и продуктивность растений / З.А. Морозова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 33-55.

135. 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.

136. 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.

137. 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.

138. 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.

139. 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.

140. 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.

141. 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.

142. 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.

143. 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.

144. Ничипорович, А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: АН СССР, 1963. – С. 3-38.

145. 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.

146. Носатовский, А.И. Пшеница: Биология / А.И. Носатовский. – М.: Колос, 1965. – 568 с.

147. Орлов, В.Н. Вредители зерновых колосовых культур / В.Н. Орлов. – М.: Печатный Город, 2006. – 104 с.

148. Отдел селекции Ульяновский НИИСХ. URL: <http://www.ulniish.ru/index.php/otdely/otdel-selektcii>

149. 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.

150. 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.

151. Пакудин, В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 109-113.

152. 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.

153. 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.

154. Петрова, Н.Н. Системный подход к анализу структуры урожайности озимой пшеницы / Н.Н. Петрова, П.И. Кубарев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 80-84.

155. 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.

156. Положихина, М.А. Продовольственная безопасность России в условиях изменения климата / М.А. Положихина // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1 (45). – С. 45-65.

157. 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.

158. 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.

159. Потокина, Е.К. Комбинация аллелей генов Ppd 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.

160. Потушанский, В.А. Озимая пшеница в лесостепи Поволжья / В.А. Потушанский, И.Ф. Тимергалиев, С.Н. Немцев. – Ульяновск, 2003. – 88 с.

161. Почвы Поволжья. – Пузино на Оке, 1974. – 67 с.

162. Прядкина, Г.А. Пигменты, эффективность фотосинтеза и продуктивность пшеницы / Г.А. Прядкина // Plant Varieties Studying and Protection. – 2018. – Т. 14. – № 1. – С. 97-108.

163. 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.

164. 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.

165. Рабинович, С.В. Современные сорта пшеницы и их родословные / С.В. Рабинович. – Киев: Урожай, 1972. – 327 с.

166. 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.

167. Радченко, Л.А. Уровень проявления генетического потенциала сорта в зависимости от условий выращивания / Л.А. Радченко, А.Ф. Радченко // *Зерновое хозяйство России*. – 2016. – № 1. – С. 52-56.

168. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с.

169. Рекомендации по учету гидрометеорологической информации при возделывании сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 70 с.

170. 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.

171. 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.

172. 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.

173. Рыбась, И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) / И.А. Рыбась // *Сельскохозяйственная биология*. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С.617-626.

174. 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.

175. Савитский, М.С. О структурной формуле урожайности / М.С. Савитский // *Вестник сельскохозяйственной науки*. – 1967. – № 4. – С. 124-128.

176. 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.

177. 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.

178. Селянинов, Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г.Т. Селянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928. – Вып. 20. – С. 165-177.

179. Семенова, А.Г. Злаковые мухи / А.Г. Семенова // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. – М., 2008. – С. 196-214.

180. СНиП 23-01-99. Суммарная солнечная радиация. [URL: http://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/Climate/SNIP230199BuildingClimatology/SNIP230199BuildingClimatologyTable4/](http://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/Climate/SNIP230199BuildingClimatology/SNIP230199BuildingClimatologyTable4/)

181. 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.

182. 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.

183. 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.

184. 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.

185. 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.

186. 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.

187. Сухоруков, А.Ф. Селекция озимой пшеницы на засухоустойчивость в Среднем Поволжье / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков // Аграрная наука. – 2017. – № 5. – С. 15-18.

188. 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. – Т. 20. – № 2-3 (82). – С. 627-631.

189. 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.

190. 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.

191. 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.

192. Тимирязев, К.А. Жизнь растения / К.А. Тимирязев. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 334 с.

193. 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.

194. 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.

195. 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.

196. Туманов, И.И. Методы определения морозостойкости растений / И.И. Туманов. – М.: Наука, 1967. – 88 с.

197. Туманов, И.И. Зимостойкость культурных растений / И.И. Туманов. – М.: Сельхозгиз, 1970. – 365 с.

198. Тупицын, Н.В. Некоторые аспекты сортовой стратегии на примере Средневолжского региона России / Н.В. Тупицын // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – № 1. – С. 95-97.

199. 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.

200. Тупицын, Н.В. Сроки сева озимой пшеницы / Н.В. Тупицын, С.В. Валяйкин, А.В. Жирнов // Земледелие. – 2004. – № 4. – С. 20.
201. Тупицын, Н.В. К природе короткостебельности пшеницы / Н.В. Тупицын // Избранные труды. – Ульяновск, 2007. – С.63-64.
202. Тупицын, Н.В. Послепосевное прикатывание озимых хлебов / Н.В. Тупицын, С.В. Валяйкин // Земледелие. – 2010. – № 7. – С. 33-35.
203. Тупицын, Н.В. О морозоустойчивости озимых зерновых культур / Н.В. Тупицын, В.Н. Тупицын // Вестник РАСХН. – 2012^А. – № 2. – С. 53-56.
204. Тупицын, Н.В. Волжские сорта озимой пшеницы и ячменя / Н.В. Тупицын, В.Н. Тупицын // Аграрная наука. – 2012^Б. – № 7. – С. 18-19.
205. 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.
206. 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.
207. Ульяновскстат (Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ульяновской области). URL: <https://uln.gks.ru/>
208. 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.
209. 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.
210. Файт, В.И. К изучению генетики скороспелости рег се у озимой мягкой пшеницы / В.И. Файт // Вісник Запорізького державно-го університету. – 2001. – № 1. – С.213-218.
211. Файт, В.И. Генетический контроль продолжительности яровизации сортов озимой пшеницы / В.И. Файт // Экологическая генетика. – 2006. – Т. IV. – № 2. – С.29-36.
212. Филиппенко, И.М. Гипотеза о природе и особенностях наследования признака морозоустойчивости растений / И.М. Филиппенко // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 3. – С. 121-127.
213. Фисенко, А.В. Отдаленная гибридизация в селекции ози-

мой пшеницы на зимостойкость / А.В. Фисенко, Н.П. Кузьмина // *Аграрная Россия*. – 2020. – № 5. – С. 3-8.

214. 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. – №. 4 (32). – С. 105-111.

215. Хангильдин, В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / В.В. Хангильдин // *Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений*. – М., 1978. – С. 111-116.

216. 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.

217. 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.

218. 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.

219. 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.

220. 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.

221. 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.

222. 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.

223. Шашко, Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Д.И. Шашко // *Земледелие*. – 1985. – С. 19-26.

224. 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.

225. Шиловская, С.А. Влияние изменения климата на сельское хозяйство и обеспечение продовольственной безопасности / С.А. Шиловская // АПК: Экономика, управление. – 2014. – № 10. – С. 67-73.

226. 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.

227. Шульгин, И.А. Растение и Солнце / И.А. Шульгин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 252 с.

228. Шульгин, И.А. Лучистая энергия и энергетический баланс растений: фитометеорол. и эколого-физиол. аспекты / И.А. Шульгин. – Москва, 2004. – 142 с.

229. 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.

230. 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.

231. 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>

232. 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>

233. 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.

234. 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.

235. 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.

236. 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.

237. 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.

238. Blum, A. Plant breeding for stress environments / A. Blum. – CRC press, 2018. – 231 p.

239. Borlaug, N. Feeding a hungry world //Science. – 2007. – B. 318. – №. 5849. – P. 359-359.

240. 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.

241. Borojevic, S. Principi i metodi oplemenjivanja bilja / S. Borojevic. – Novi Sad, 1981. – P. 162.

242. 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.

243. 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. – B. 208. – №. 2. – P. 377-390.

244. Chen, Y. Genetic regulation of developmental phases in winter wheat / Y. Chen, B.F. Carver, S. Wang // Molecular Breeding. – 2010. – B. 26. – №. 4. – P. 573-582.

245. Donald, C.M. The breeding of crop ideotypes / C.M. Donald // Euphytica. – 1968. – B. 17. – №. 3. – P. 385-403.

246. 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.

247. Eberhart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop Sci. – 1966. – Vol. 6. – № 1. – P. 36-40.

248. FAO Сельскохозяйственные культуры. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

249. 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.

250. 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.

251. 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.

252. Foltyn, J. Determination of the quantitative characteristics of wheat and barley ideotype for Central Europe / J. Foltyn // *Sci.agribohemosl.* – 1977. – Vol. 9. – № 1. – P. 13-19.

253. 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.

254. Gupta, P.K. Genetics of yield, abiotic stress tolerance and bio-fortification 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.

255. 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.

256. 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.

257. Khush, G.S. Green revolution: the way forward / G.S. Khush // *Nature reviews genetics*. – 2001. – B. 2. – №. 10. – P. 815-822.

258. 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.

259. 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.

260. 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.

261. 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.

262. Lewis, D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability / D. Lewis // *Heredity*. – 1954. – B. 8. – №. 3. – P. 333-356.

263. 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.

264. 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.

265. Miralles, D.J. Yield, biomass and yield components in dwarf, semi-dwarf and tall isogenic lines of spring wheat under recommended and late sowing dates / D. J. Miralles, G.A. Slafer // *Plant Breeding*. – 1995. – B. 114. – №. 5. – P. 392-396.

266. Moku, 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. Moku, V.I. Fayt // *Cytology and genetics*. – 2008. – B. 42. – №. 6. – P. 384-390.

267. Nilan R.A. Induced gene and chromosome mutants // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*. – 1981. – B. 292. – №. 1062. – P. 457-466.

268. 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.

269. 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.

270. Paulsen, G.M. Wheat stand establishment / G.M. Paulsen // *Wheat and wheat improvement*. – 1987. – B. 13. – P. 384-389.

271. 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.

272. Poehlman, J.M. Breeding wheat / J.M. Poehlman // *Breeding field crops*. – Springer Science & Business Media, 2013. – P. 290-332.

273. 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.

274. 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. – С. 71-103.

275. 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.

276. 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.

277. 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.

278. Slafer, G.A. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential / G.A. Slafer, D.F. Calderini, D.J. Miralles // *Increasing yield potential in wheat: Breaking the Barriers.* – 1996. – P. 101-133.

279. 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.

280. 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.

281. 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.

282. 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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Гидротермические коэффициенты в периоды вегетации озим-
мягкой пшеницы и предпосевной его этап

Год	Месяцы					
	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 2

Результаты корреляционных анализов между хозяйственно-ценными показателями сортов озимой мягкой пшеницы, ($r + Sr$) / tr , сеялочный посев

Пары показателей	Год исследований								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2016	2011-2013, 2015	2014, 2016
Урожайность	0,69±0,20	0,42±0,25	0,75±0,19	-	0,36±0,26	-	0,61±0,22	-	-
зимостойкость	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 полеганию	-	-	-	0,53±0,23	-	0,22±0,27	0,31±0,26	-	-
	-	-	-	2,27	-	0,87	1,19	-	-
Урожайность вегетационный 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 период	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 период-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 период	-0,02±0,28	-	-	0,14±0,27	0,19±0,27	-0,02±0,28	-0,25±0,27	-	-
	0,08	0,59±0,22	0,49±0,24	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 3

Результаты корреляционных анализов между хозяйственно-ценными показателями сортообразцов озимой мягкой пшеницы, ($r \pm Sr$) /tr, ручной посев

204

Пары показателей	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 4

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 С ₃	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 5

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 С ₃	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 6

Структура урожайности сортов озимой мягкой пшеницы

6.1 – Продуктивная кустистость

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	2,8	1,9	2,2	3,8	2,7	31,3
Волжская 16	2,8	1,4	1,5	4,1	2,5	51,9
Волжская 100	3,5	1,9	1,8	1,5	2,2	41,4
Волжская СЗ	2,4	2,8	1,6	1,5	2,1	30,3
Безенчукская380	1,7	2,0	2,2	2,5	2,1	16,0
Санта	3,4	1,8	2,2	3,3	2,7	29,8
Светоч	4,6	1,4	1,7	2,6	2,6	56,0
Ресурс	4,4	1,9	1,2	1,3	2,2	68,1
Бирюза	2,6	1,9	1,7	1,4	1,9	26,8
Казанская 285	2,0	2,0	2,1	3,0	2,3	21,3
Московская 39	2,9	1,7	1,9	1,5	2,0	31,1
Базальт	4,0	1,9	1,2	2,1	2,3	52,1
Марафон	5,0	2,0	2,0	3,1	3,0	46,8
Харьковская 92	2,8	1,6	2,0	5,6	3,0	60,1
Мироновская808	3,4	1,7	2,0	1,9	2,3	34,5
Среднее	3,2	1,9	1,8	2,6	2,4	–
V, %	29,8	17,2	18,6	47,2	–	–
НСР ₀₅	0,8	0,7	0,5	0,7	–	–

6.2 – Число продуктивных стеблей к уборке, шт./м²

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	458	438	375	312	396	16,7
Волжская 16	378	452	220	243	323	34,2
Волжская 100	352	381	348	227	327	20,9
Волжская С3	430	412	352	324	380	13,1
Безенчукская380	492	314	386	144	334	43,8
Санта	490	507	422	308	432	20,9
Светоч	442	406	317	308	368	18,0
Ресурс	414	285	190	423	328	34,0
Бирюза	264	247	267	227	251	7,3
Казанская 285	396	230	429	353	352	24,7
Московская 39	309	400	376	354	360	10,8
Базальт	350	227	227	210	254	25,6
Марафон	154	324	276	388	286	34,7
Харьковская 92	235	356	287	381	315	21,1
Мироновская 808	303	326	365	192	297	25,0
Среднее	364	354	322	293	333	–
V, %	26,8	23,9	23,1	27,9	–	–
НСР ₀₅ , шт.	38,3	27,2	31,3	30,9	–	–

6.3 – Масса зерна с главного колоса, г

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	1,3	0,9	1,2	1,2	1,2	15,1
Волжская 16	1,2	0,8	1,4	1,5	1,2	25,3
Волжская 100	1,5	0,9	1,4	1,7	1,4	24,8
Волжская СЗ	1,2	0,5	1,4	1,3	1,1	37,1
Безенчукская 380	1,0	0,9	1,0	1,6	1,1	28,5
Санта	1,0	0,7	0,9	1,3	1,0	25,6
Светоч	1,5	0,8	1,6	1,7	1,4	29,2
Ресурс	1,5	1,1	1,4	1,6	1,4	15,4
Бирюза	1,1	0,9	1,3	1,5	1,2	21,5
Казанская 285	1,0	1,1	1,0	1,6	1,2	24,4
Московская 39	1,4	0,8	1,0	1,2	1,1	23,5
Базальт	1,3	1,2	1,9	1,6	1,5	21,1
Марафон	1,2	1,2	1,6	1,4	1,4	14,2
Харьковская 92	1,0	1,3	1,3	1,4	1,3	13,9
Мироновская 808	1,3	0,5	1,2	1,3	1,1	35,9
Среднее	1,2	0,9	1,3	1,5	1,2	–
V, %	15,2	26,5	20,8	11,8	–	–
НСР _{05, Г}	0,43	0,43	0,38	0,40	–	–

6.4 – Количество зёрен в колосе, шт.

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	30	28	33	29	30	7,2
Волжская 16	28	23	36	35	31	20,1
Волжская 100	31	25	28	33	29	12,0
Волжская СЗ	30	15	36	31	28	32,3
Безенчукская 380	25	28	27	35	29	15,1
Санта	25	22	25	29	25	11,4
Светоч	30	25	37	36	32	17,5
Ресурс	35	27	36	36	34	13,0
Бирюза	29	29	35	38	33	13,7
Казанская 285	20	32	30	38	30	24,9
Московская 39	32	24	29	28	28	11,7
Базальт	26	29	42	35	33	21,4
Марафон	31	30	34	34	32	6,4
Харьковская 92	24	35	31	34	31	16,0
Мироновская 808	30	13	29	31	26	33,2
Среднее	28	26	33	33	30	–
V, %	13,3	22,8	14,1	9,6	–	–
НСР ₀₅ , шт.	3,9	3,5	2,8	2,9	–	–

6.5 – Длина колоса, см

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	6,6	6,4	8,1	7,4	7,1	11,0
Волжская 16	5,4	6,1	7,9	7,8	6,8	18,3
Волжская 100	7,7	7,3	8,5	10,1	8,4	14,7
Волжская СЗ	6,1	6,8	7,9	8,4	7,3	14,3
Безенчукская 380	6,4	7,4	7,1	7,7	7,2	7,8
Санта	5,5	5,4	5,9	7,0	6,0	12,3
Светоч	6,3	5,3	6,9	7,2	6,4	13,0
Ресурс	5,5	6,3	7,1	7,8	6,7	14,9
Бирюза	5,8	7,0	6,9	8,1	7,0	13,5
Казанская 285	5,9	7,2	7,2	8,4	7,2	14,2
Московская 39	8,5	6,8	8,8	8,8	8,2	11,7
Базальт	5,9	6,3	8,3	7,7	7,1	16,1
Марафон	6,2	6,5	6,4	7,6	6,7	9,4
Харьковская 92	5,9	7,0	7,0	7,6	6,9	10,3
Мироновская 808	7,1	8,5	8,3	7,8	7,9	7,9
Среднее	6,3	6,7	7,5	8,0	7,1	–
V, %	13,6	12,0	11,2	9,5	–	–
НСР ₀₅ , см	0,9	0,7	0,9	1,0	–	–

6.6 – Плотность колоса (число колосков на 10 см длины колоса)

Сорт	Год урожая				Сред- нее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	24	22	21	22	22	5,7
Волжская 16	30	23	24	24	25	12,7
Волжская 100	22	16	21	19	20	13,6
Волжская С3	23	24	24	23	24	2,5
Безенчукская380	27	19	25	26	24	14,8
Санта	27	24	29	26	27	7,9
Светоч	25	23	25	22	24	6,3
Ресурс	25	24	23	24	24	3,4
Бирюза	22	19	25	22	22	11,1
Казанская 285	25	21	24	21	23	9,1
Московская 39	20	25	19	20	21	12,9
Базальт	27	24	22	23	24	9,0
Марафон	27	22	27	24	25	9,8
Харьковская 92	27	20	24	24	24	12,1
Мироновская808	23	16	20	21	20	14,7
Среднее	25	21	24	23	23	–
V, %	10,6	13,5	11,2	8,9	–	–
НСР ₀₅	3,0	2,8	3,0	2,9	–	–

6.7 – Число колосков в колосе, шт.

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	16	14	17	16	16	8,0
Волжская 16	16	14	19	19	17	14,4
Волжская 100	17	12	18	19	17	18,8
Волжская СЗ	14	16	19	19	17	14,4
Безенчукская 380	17	14	18	20	17	14,5
Санта	15	13	17	18	16	14,1
Светоч	16	12	17	16	15	14,5
Ресурс	14	15	16	19	16	13,5
Бирюза	13	13	17	18	15	17,2
Казанская 285	15	15	17	18	16	9,2
Московская 39	17	17	17	18	17	2,9
Базальт	16	15	18	18	17	9,0
Марафон	17	14	17	18	17	10,5
Харьковская 92	16	14	17	18	16	10,5
Мироновская 808	16	14	17	16	16	8,0
Среднее	16	14	17	18	16	–
V, %	7,9	9,7	4,5	6,9	–	–
НСР ₀₅ , шт.	2,8	3,3	3,3	2,7	–	–

6.8 – Количество неразвитых колосков, %

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	11,6	6,9	7,1	6,6	8,1	29,5
Волжская 16	14,6	6,9	4,7	7,9	8,5	50,0
Волжская 100	8,2	1,9	7,6	5,7	5,9	48,6
Волжская СЗ	2,1	4,4	5,4	8,4	5,1	51,5
Безенчукская 380	13,2	2,6	10,9	2,0	7,2	79,6
Санта	11,8	6,2	7,1	6,3	7,9	33,9
Светоч	9,4	8,3	3,7	5,7	6,8	37,9
Ресурс	1,8	6,2	6,9	5,3	5,1	44,8
Бирюза	3,1	3,3	3,2	4,2	3,5	14,7
Казанская 285	7,7	3,4	9,7	5,9	6,7	40,1
Московская 39	8,8	4,3	11,0	1,7	6,5	65,4
Базальт	10,3	4,0	0,8	3,4	4,6	87,1
Марафон	2,1	2,1	1,3	3,2	2,2	35,9
Харьковская 92	12,4	4,5	5,6	1,7	6,1	75,1
Мироновская 808	7,4	4,8	3,2	6,3	5,4	33,7
Среднее	8,3	4,7	5,9	5,0	6,0	–
V, %	51,6	40,8	53,9	43,5	–	–
НСР ₀₅ , %	1,5	0,8	0,8	0,9	–	–

6.9 – Масса 1000 зёрен, г

Сорт	Год урожая				Среднее	V, %
	2011	2012	2013	2014		
Волжская К, стандарт	43,5	34,1	36,6	39,8	38,5	10,6
Волжская 16	42,4	33,3	37,7	47,6	40,3	15,3
Волжская 100	49,0	37,3	48,6	46,9	45,5	12,1
Волжская СЗ	39,7	30,0	37,4	41,1	37,1	13,3
Безенчукская 380	40,2	33,0	34,9	46,5	38,7	15,7
Санта	40,9	32,6	37,1	45,0	38,9	13,6
Светоч	49,2	31,6	43,7	48,5	43,3	18,8
Ресурс	44,3	39,9	39,3	44,2	41,9	6,4
Бирюза	37,5	33,7	37,9	40,8	37,5	7,8
Казанская 285	50,0	33,7	34,7	42,7	40,3	19,0
Московская 39	43,2	33,8	36,1	42,2	38,8	11,8
Базальт	48,9	39,9	46,7	44,2	44,9	8,6
Марафон	38,9	39,1	45,3	40,5	40,9	7,3
Харьковская 92	40,3	36,3	42,2	42,7	40,4	7,2
Мироновская 808	44,5	35,9	41,0	42,2	40,9	8,9
Среднее	43,5	34,9	39,9	43,7	40,5	–
V, %	9,5	8,6	11,0	6,3	–	–
НСР ₀₅ , г	6,1	8,3	9,3	9,7	–	–

Захарова Надежда Николаевна
Исайчев Виталий Александрович
Захаров Николай Григорьевич

ОСНОВЫ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ
ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Монография. – Ульяновск: УлГАУ, 2022. – 216 с.

Подписано в печать 23.11.2022
Формат 60х90/16 Бумага офсетная № 1
Гарнитура Times new Roman. Усл.печ.л.13,5
Тираж 500 экз. Заказ 137

Адрес издателя: 432017, г. Ульяновск,
Бульвар Новый Венец, 1

