

**ИКУСОВ РОМАН АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО СОРТА ЯРОВОЙ  
ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО  
РЕГИОНА РОССИИ**

06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Работа выполнена на кафедре растениеводства, селекции и семеноводства федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

Научный руководитель: **Амелин Александр Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, руководитель ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

Официальные оппоненты: **Боровик Александр Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»

**Голева Галина Геннадьевна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой селекции, семеноводства и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Ведущая организация: ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН»

Защита состоится «19» мая 2022 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.059.04 в ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» по адресу: 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале библиотеки ФГБОУ ВО Орловский ГАУ (г. Орел, Бульвар Победы, 19) и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» <https://www.orelsau.ru> и на сайте ВАК при Минобрнауки РФ <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Просим прислать отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных и скрепленных гербовой печатью, ученому секретарю диссертационного совета.

Факс: 8(4862)43-13-01, e-mail: [dissovet-orelsau@yandex.ru](mailto:dissovet-orelsau@yandex.ru)

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент



С.В. Резвякова

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность темы исследований.** Импортозамещение на агропродовольственном рынке России рассматривается в настоящее время одной из важнейших Государственных задач в обеспечении национальной безопасности. Яровая пшеница – одна из ведущих зерновых культур, играющих в этом важную роль. Но урожайность и качество зерна очень часто не отвечают требуемым стандартам и его приходится использовать в большом объеме на технические и кормовые цели (Мартьянова, 2003). В решении данной проблемы огромная роль отводится сорту, ставшему в последние десятилетия определяющим биологическим фактором в прогрессе сельскохозяйственного производства. Его вклад в формирование урожая пшеницы в развитых странах мира стал составлять 50% и более (Созинов, 1988). Поэтому необходимо, чтобы отечественные сорта были высококонкурентоспособными и не только не уступали зарубежным аналогам, а существенно их превосходили даже при неблагоприятных условиях среды, негативное влияние которых только усиливается в связи с глобальным изменением климата (Обаси, 2002; Новикова, 2018).

Одним из наиболее эффективных способов решения этой задачи является моделирование параметров перспективных сортов, которое позволяет с высокой точностью ориентировать селекцию на ближайшие 10-15 лет (Кумаков, 1985).

**Степень разработанности темы исследований.** Вопрос о сортовом идеале в нашей стране впервые рассмотрен в 1935 году Н.И. Вавиловым, а несколько позже и И.В. Красовской (1947), которая реализовала его практически. Масштабные же работы по моделированию оптимальных параметров сортов зерновых культур широко начали проводиться со второй половины XX столетия как в бывших странах Советского союза (Кумаков, 1980, 1985; Бабаенко и др., 1983; Шевцов, 1984; Осипов, 2000), так и за рубежом (Donald, 1968; Finley, 1968; Martinic, 1973; Vorojevic, 1975; Davies, 1977; Foltyn, 1977; Snoad, 1985). Анализ показывает, что большинство из них имеют незаконченный характер. Для многих культур нет полного охвата физиологических признаков растений, тем более в рамках разных зон. Имеющиеся модели, как правило, представляют собой перечень хозяйственно-ценных признаков и их допустимую изменчивость без указания способов достижения. В большинстве случаев они не имеют научного обоснования по таким важным параметрам растений, как фотосинтетическая и корневая деятельность, транспирационная и ростовая активность. Исключением можно считать установленные В.А. Кумаковым (1980, 1985) морфофизиологические параметры перспективного сорта яровой пшеницы для условий степной зоны Поволжья. Для европейской части России этот вопрос у культуры является непроработанным. Его решению и посвящена настоящая диссертационная работа.

**Цель исследований:** определить морфофизиологические параметры перспективного сорта яровой пшеницы как цели селекции в условиях Центрально-Черноземного региона Российской Федерации и дать им научное обоснование.

### **Задачи исследований:**

1. Изучить полиморфизм морфофизиологических признаков растений у современных сортов яровой пшеницы.
2. Определить фотосинтетические и транспирационные параметры листьев растений.
3. Изучить накопление и распределение сухой массы по органам растений.
4. Выявить генотипические особенности начального роста у растений культуры.
5. Определить устойчивость современных сортов яровой пшеницы к экстремальным факторам погоды.

6. Установить биохимические показатели качества зерна у опытных сортов.

7. Выявить характер взаимосвязей между морфологическими и физиологическими признаками растений.

8. Выделить источники ценных морфофизиологических признаков растений для создания перспективных сортов яровой пшеницы.

**Научная новизна исследований.** Впервые дано научное обоснование морфофизиологическим параметрам перспективного сорта яровой пшеницы для условий Центрально-Черноземного региона России на основе полученных новых физиологических знаний о продуктивных, фотосинтетических и средообразующих возможностях растений современных сортов культуры, формирующих различную урожайность зерна.

**Теоретическая значимость работы.** Установлен полиморфизм современных сортов яровой пшеницы по показателям начального роста, фотосинтетической и транспирационной активности листьев, элементам структуры урожая и качества зерна, устойчивости к абиотическим факторам; выявлена генотипическая специфика зависимости активности фотосинтеза от условий вегетации, фазы роста, ярусного расположения листьев и дневного времени функционирования; определены морфофизиологические различия между современными сортами яровой пшеницы, формирующие разную урожайность зерна; выявлена взаимосвязь урожайности с элементами структуры и биохимическими показателями качества зерна, начальным ростом, интенсивностью фотосинтеза и транспирацией листьев; установлено влияние донорно-акцепторных отношений на активность фотосинтеза и формирование урожая зерна.

**Практическая значимость исследований.** Для повышения эффективности селекции яровой пшеницы в условиях Центрально-Черноземного региона России предложены морфофизиологические параметры перспективного сорта и выделены ценные источники их достижения по интенсивности фотосинтеза (Донэла М, Черноземноуральская 2), устойчивости к засухе (Аль Варис, Хуторянка, Тулайковская Надежда и Воронежская 20), высокой урожайности и качества зерна (Рима, Мелодия Дона, Воронежская 13, Ульяновская 105, Черноземноуральская 2, Бурлак).

**Методология и методы диссертационного исследования.** Исследования проведены с учетом системного подхода в селекции и основных принципов моделирования морфофизиологических параметров у идеатипа.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Параметры морфофизиологических и хозяйственно-полезных признаков растений у перспективного сорта яровой пшеницы как цели селекции в условиях Центрально-Черноземного региона России.

2. Полиморфизм морфофизиологических признаков растений у современных сортов яровой пшеницы как основа отбора перспективного исходного материала.

3. Источники ценных хозяйственно-полезных и физиологических признаков для создания сортов яровой пшеницы, отвечающих требованиям перспективного сорта Центрально-Черноземного региона России.

**Степень достоверности и апробации результатов исследований.** Достоверность результатов и выводов в диссертационной работе подтверждается высоким методическим уровнем проведенных исследований с использованием современных приборов и оборудования, а также результатами статистической обработки полученных данных и широкой их апробацией на международных, всероссийских и региональных конференциях, круглых столах и совещаниях.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу Минсельхоза РФ (Тверь, Оренбург 2018 г.; Брянск, Краснодар, 2020 г.); в конкурсе ко Дню Российской науки среди студентов, аспирантов и молодых ученых на лучшую научно-исследовательскую работу Орловского ГАУ «Инновации молодых ученых – в АПК» (Орел, 2019 г., 2020 г.); Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Фундаментальные основы управления производственным процессом для повышения экономической и энергетической эффективности АПК» (Орел, 2018 г.); Региональной научной конференции «Механизмы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды: от молекул до экосистем» (Орел, 2018 г., 2019 г.); VI Всероссийской научно-практической конференции «Нормативно-правовые и методологические основы селекции, системы семеноводства, производства, контроля качества семян сельскохозяйственных и лесных древесных растений в интересах продовольственной безопасности страны» (Ялта, 2020 г.); Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции «Продовольственная безопасность, как фактор повышения качества жизни (Орел, 2021 г.); Международной научной конференции «Механизмы регуляции производственного процесса растений: от молекул до экосистем» в рамках V Ефремовских чтений (Орел, 2021 г.).

**Публикации.** Основные научные результаты опубликованы в 21 печатной работе, в том числе 8 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 – в международных изданиях из библиографической и реферативной базы данных SCOPUS.

**Личный вклад.** Автор лично проводил анализ литературных сведений по теме работы; участвовал в выборе методов исследований, их планировании и проведении; осуществлял текущие учеты и наблюдения, статистическую обработку, анализ и обобщение полученных экспериментальных данных; готовил научные статьи для публикации, доклады выступлений на научных конференциях, круглых столах, кафедральных отчетах и семинарах.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Исследования выполнены в соответствии с Паспортом специальностей ВАК Министерства науки и высшего образования РФ по специальности 06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 170 страницах основного текста и включает обзор литературы, экспериментальную часть из 5 глав, выводы, предложения по использованию результатов исследования, список литературы и 18 приложений. В работе содержится 19 таблиц и 81 рисунок. Список литературы включает 367 литературных источников, из которых 67 на иностранных языках.

\*\*\*

*Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук Амелину Александру Васильевичу за ценные консультации в проведении исследований и подготовки диссертации.*

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1 Значение морфофизиологических и хозяйственно-полезных признаков и свойств растений при моделировании параметров перспективного сорта

Проведен глубокий анализ литературных сведений о современном состоянии селекции яровой пшеницы. Рассмотрена селекционная значимость морфофизиологических и хозяйственно-полезных признаков и свойств растений при моделировании параметров перспективного сорта и методические подходы их достижения.

### 2 Место, материал, методика и условия проведения исследований.

Научно-исследовательская работа выполнялась на базе ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование» в период с 2016 по 2021 годы в рамках тематического плана центра и кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» и Договоров о совместной научной деятельности с ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» и ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур.

Объектом основных исследований служили 20 современных сортов яровой пшеницы из ведущих селекционных центров России, которые были условно разделены на три опытных группы: *высокоурожайные* (Бурлак, Воронежская 13, Воронежская 18, Донэла М, Мелодия Дона, Рима, Ульяновская 105, Черноземноуральская 2), *среднеурожайные* (Безенчукская 210, Воронежская 20, Донская Элегия, Лиза, Тулайковская Надежда, Хуторянка, Юбилейная 80) и *низкоурожайные* (Арсея, Аль Варис, Безенчукская Нива, Злата, Радмира).

Опытный материал подбирался, исходя из основных принципов моделирования перспективных сортов у яровой пшеницы (Кумаков, 1985).

Сорта выращивались на опытном поле Шатиловской СХОС и Научно-образовательного производственного центра «Интеграция» ФГБОУ Орловский ГАУ. Площадь деланки составляла 25 м<sup>2</sup> и 10 м<sup>2</sup> соответственно, размещение – систематическое со смещением, повторность 4-х кратная. Почва опытного участка характеризовалась как темно-серая лесная.

**Методы учетов и наблюдений.** Накопление сухого вещества по органам растения учитывалось методом взятия растительных проб в количестве 10 растений с каждой деланки сорта с последующим высушиванием сырой массы органов при температуре 105°C в сушильном шкафу марки СМ 50/250 – 1000 ШС, повторность 4-х кратная. Элементы структуры урожая определялись общепринятыми в селекции методами, а биохимические показатели зерна – на приборе марки Infratek 1241 швейцарской фирмы FOS. Интенсивность фотосинтеза (ИФ) и транспирации (ИТ) листьев оценивались с помощью переносного газоанализатора марки GFS-3000 FL по оригинальной методике немецкой фирмы Heinz Walz GmbH. Модельные опыты по изучению влияния донорно-акцепторных отношений на фотоактивность листьев растений проводились на 4-х сортах культуры (Арсея, Воронежская 20, Лиза, Триада), у которых в фазу колошения искусственным путем у 30 растений были удалены в определенной последовательности отдельные листья и колос. Изучение начального роста у опытных сортообразцов осуществляли в лабораторных условиях методом проращивания семян в рулонах по ГОСТ 12038-84. Оценка засухоустойчивости проводилась по проращению семян на осмотическом растворе маннита в 18 атм. (Кожушко, 1988).

Математическую обработку полученных экспериментальных данных осуществляли методами корреляционного, дисперсионного и вариационного анализов по Б.А. Доспехову (1985), с использованием современных компьютерных программ.

Метеорологические условия вегетации растений в годы исследований были разными, что проявлялось в неравномерном распределении осадков и температуры воздуха по фазам роста и периодам развития (табл. 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетации растений в годы проведения исследований, по данным ОГМС при ФГБНУ ФНЦ ЗБК

Год/месяц	Температура, °С(отклонение от ср. многолетней нормы)				
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Среднее
2016	9,1 (+2,9)	14,3(+0,5)	18,1 (+1,3)	20,9(+2,9)	15,6(+1,9)
2017	7,7 (+1,5)	12,6(-1,2)	15,8 (- 1,0)	18,2(+0,2)	13,6(-0,1)
2018	8,3 (+2,1)	17,0(+3,2)	18,0 (+1,2)	20,4(+2,4)	15,9(+2,2)
2019	8,7 (+3,0)	16,2 (+2,4)	20,7 (+3,9)	17,3 (-0,7)	15,7 (+2,0)
2020	6,3 (+0,1)	11,1 (-2,7)	20,0 (+3,2)	18,7 (+0,7)	14,0 (+0,3)
<b>Ср. мн.</b>	<b>6,2</b>	<b>13,8</b>	<b>16,8</b>	<b>18,0</b>	<b>13,7</b>
	Осадки, мм				
					<i>всего</i>
2016	74,6 (+32,6)	63,2(+12,2)	68,4 (-4,6)	127,6(+46,6)	333,8(+86,8)
2017	8,7 (-33,3)	54,0 (+3,0)	59,8 (-13,2)	142,2(+61,2)	264,7(+17,7)
2018	32,0 (-10,0)	32,0 (-19,0)	17,0 (-56,0)	109,0(+28,0)	190,0 (-57,0)
2019	23,5(-18,5)	105,9 (+54,9)	37,6 (-35,4)	85,9 (+4,9)	252,9 (+5,9)
2020	18,0 (-24,0)	74,6 (+23,6)	74,2(+1,2)	120,9 (+39,9)	287,7 (+40,7)
<b>Ср. мн.</b>	<b>42,0</b>	<b>51,0</b>	<b>73,0</b>	<b>81,0</b>	<b>247,0</b>

### 3 Урожайность и биохимические показатели качества зерна у современных сортов яровой пшеницы

#### 3.1 Урожайность и составляющие ее элементы

Результаты исследований показали, что современные сорта яровой пшеницы в благоприятных погодных условиях Орловской области способны формировать урожайность зерна в среднем 3,55 т/га, а лучшие из них – до 4,27 т/га и более. Максимальная урожайность достигала 6,54 т/га, что было в 2,1 раза выше средней в годы исследований. Превосходство высокоурожайных сортов над низкоурожайными достоверно проявлялось в основном в благоприятных метеоусловиях для вегетации растений (2017, 2019, 2020 гг.), а при выраженном их ухудшении, особенно в период формирования и налива зерновок (2018 г.), генотипические различия нивелировались (рис. 1).



Рисунок 1 – Урожайность зерна современных сортов яровой пшеницы в годы экологического испытания, в среднем по группам (\*НСР<sub>05</sub> в 2016 году составляла 0,22; в 2017 г. – 0,30; в 2018 г. – 0,25; в 2019 г. – 0,21; в 2020 г. – 0,29 т/га)

Изученные современные сорта яровой пшеницы существенно отличались и по структуре урожая. Интервал генотипического варьирования массы семян с растения находился в пределах: в 2017 году – от 0,61 до 0,99 г; в 2018 году – от 0,59 до 1,11 г; в 2019 году – от 1,22 до 2,05 г и в 2020 году – от 0,67 до 1,48 г. Ее величина определялась как озерненностью колоса, так и крупностью зерновок. Коэффициент корреляции между массой и количеством зерен в колосе составлял в среднем 0,62, а с массой 1000 зерен был равен 0,47.

У изученных сортов культуры в условиях Орловской области, относящейся к Центрально-Черноземному региону России, в среднем за годы исследований количество колосков в колосе варьировало от 11,2 до 16,1 шт., зерен в колосе – от 25,0 до 39,2 шт.; масса 1000 зерен – от 29,3 до 44,4 г. В каждой опытной группе имелись сорта, как с высокой озерненностью колоса и массой 1000 зерен, так и с относительно небольшими значениями данных признаков. Однако большинство высокоурожайных сортов культуры характеризовались более крупными зерновками, а низкоурожайные отличались большим их количеством в колосе.

### 3.2 Биохимические показатели качества зерна

В годы исследований содержание белка в зерне современных сортов культуры варьировало в диапазоне от 13,3 до 15,8%, клейковины – от 21,9 до 28,9%, крахмала – от 62,9 до 65,0%, а седиментация – от 44,4 до 59,4%. Между урожайностью и биохимическими показателями качества зерна проявлялась выраженная связь. Коэффициент корреляции урожайности с содержанием белка изменялся в годы исследований от 0,10 до (-0,87), а с содержанием клейковины – от 0,17 до (-0,85). В тоже время связь урожайности с содержанием крахмала в основном была положительной ( $r = 0,16-0,52$ ), а между содержанием белка и крахмалом отрицательной – от (-0,41) до (-0,86).

По содержанию в зерне крахмала высокоурожайные сорта превосходили низкоурожайные в среднем на 0,7%, а по содержанию белка и клейковины настолько же им уступали. Особенно значимые различия наблюдались по седиментации: высокоурожайные сорта по величине этого показателя уступали среднеурожайным в среднем на 2,3%, а низкоурожайным – на 5,7% (рис. 2).

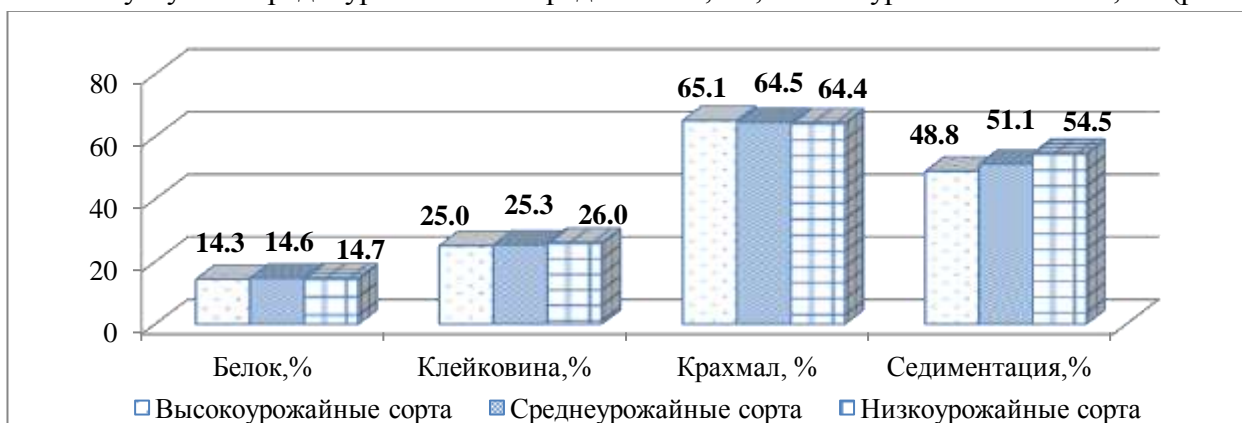


Рисунок 2 – Значения биохимических показателей качества зерна по изученным группам сортов яровой пшеницы, в среднем за 2016-2020 гг. (ср. откл.: белок –  $\pm 0,30$ ; клейковина –  $\pm 0,40$ ; крахмал –  $\pm 0,53$ ; седиментация –  $\pm 0,80$ )

Развитие элементов структуры урожая оказывало как положительное, так и отрицательное значение в зависимости от условий вегетации растений. В жестких погодных условиях 2018 года коэффициент корреляции между количеством зерен и биохимическими показателями их качества в основном был положительным и составлял: с содержанием клейковины +0,27; с седиментацией +0,67; с содержанием крахмала +0,20. Значение же коэффициента корреляции между массой 1000 зерен и содержанием клейковины составляло (-0,11), а с седиментацией (-0,62), на что следует обратить внимание при подборе перспективного исходного материала в селекции на качество.

Сделан вывод, что при создании сортов яровой пшеницы на продовольственное использование предпочтение следует отдавать отбору форм с повышенным количеством зерновок в колосе, а для технических и кормовых целей можно ориентироваться и на укрупнение зерновок.



#### 4 Фотосинтетические параметры и транспирационная активность листьев растений у современных сортов яровой пшеницы, различающихся урожайностью

##### 4.1 Структурно-функциональные показатели листовой системы растений

В условиях полевых опытов площадь листьев растений яровой пшеницы варьировала в годы исследований от 58,7 до 105,0 см<sup>2</sup>, а в зависимости от генотипа – от 36,1 до 130,8 см<sup>2</sup>/растение. Между опытными группами сортов по данному показателю достоверных различий не наблюдалось. У высокоурожайных сортов площадь листьев растений в годы исследований изменялась от 36,1 до 94,2 см<sup>2</sup>, у среднеурожайных – от 39,2 до 108,0 см<sup>2</sup>, у низкоурожайных – от 53,6 до 103,5 см<sup>2</sup>. В каждой группе имелись сорта как с большой, так и с относительно маленькой листовой поверхностью. Однако большинству современных высокоурожайных сортов в значительной степени было присуще формирование меньшей (в среднем на 25,5%) листовой поверхности по сравнению с низкоурожайными, что свидетельствует о более высокой их хозяйственной эффективности (рис. 3).

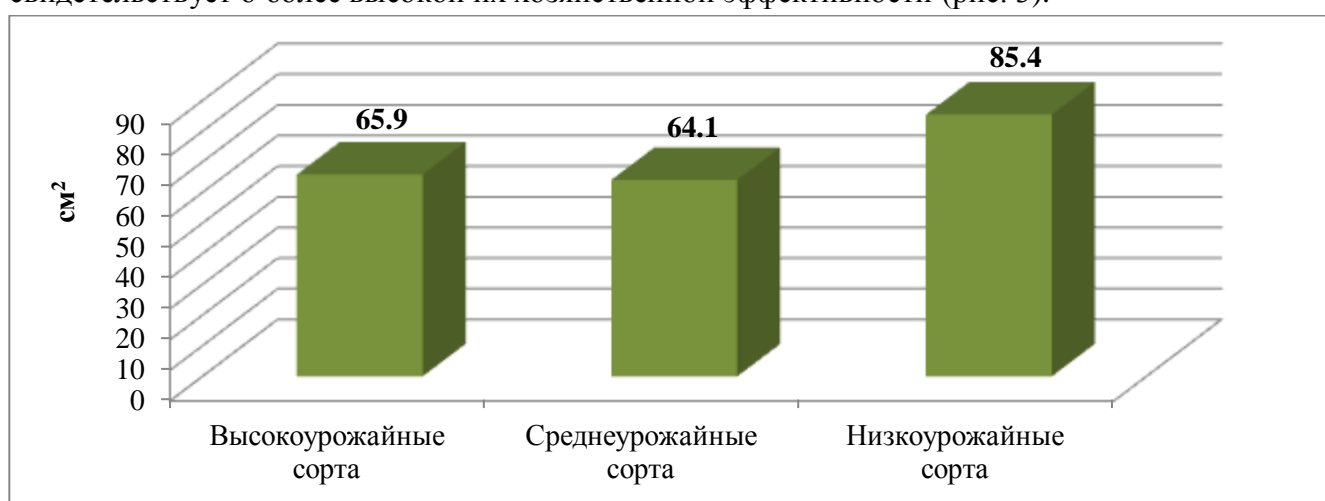


Рисунок 3 – Площадь листьев\* растений у изученных групп сортов яровой пшеницы в фазу молочно-восковой спелости, среднее за 2019-2020 гг. (\*НСР<sub>05</sub>=2,7см<sup>2</sup>).

Исследования показали, что хозяйственная эффективность листьев растения яровой пшеницы тесно связана с их фотосинтетической активностью, которая существенно зависит как от экзо-, так и от эндогенных факторов. В годы исследований значение интенсивности фотосинтеза листьев изменялось у опытных растений от 12,38 до 18,36 мкмоль СО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с. Наименьшая ее величина зафиксирована в жестких (экстремальных) погодных условиях вегетации. В вегетационных опытах снижение влажности почвы с 70 до 30% от полной влагоемкости приводило к падению интенсивности фотосинтеза флагового листа растений яровой пшеницы более чем в 15 раз – с 10,03 до 0,65 мкмоль СО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с.

Наиболее существенные различия между опытными сортами отмечались в фазы выхода в трубку, налива и молочно-восковой спелости зерна. Группа сортов с высокой урожайностью превосходила низкоурожайные: в фазу выхода в трубку – в среднем на 12,2%; в период налива зерновок – на 13,3%; а в фазу молочно-восковой спелости – на 20,5%. В тоже время в среднем за вегетацию отличия были незначительные и составляли всего 1,2-6,5% (рис. 4).

Положительная связь урожайности с интенсивностью фотосинтеза в основном проявлялась в период образования и массового налива зерновок ( $r = +0,50$ , достоверно при  $P_{05}$ ).

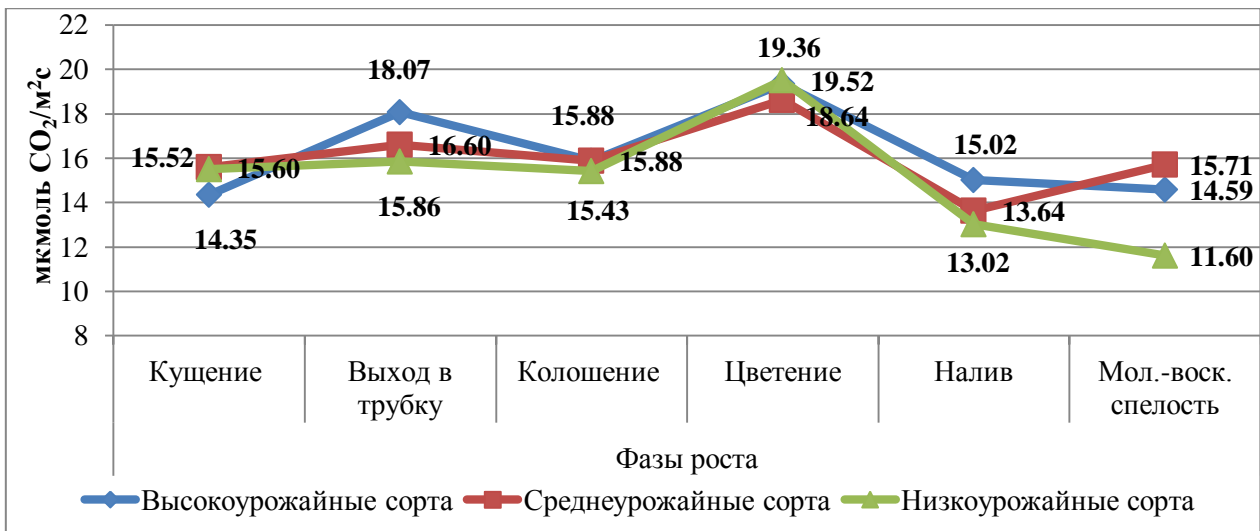
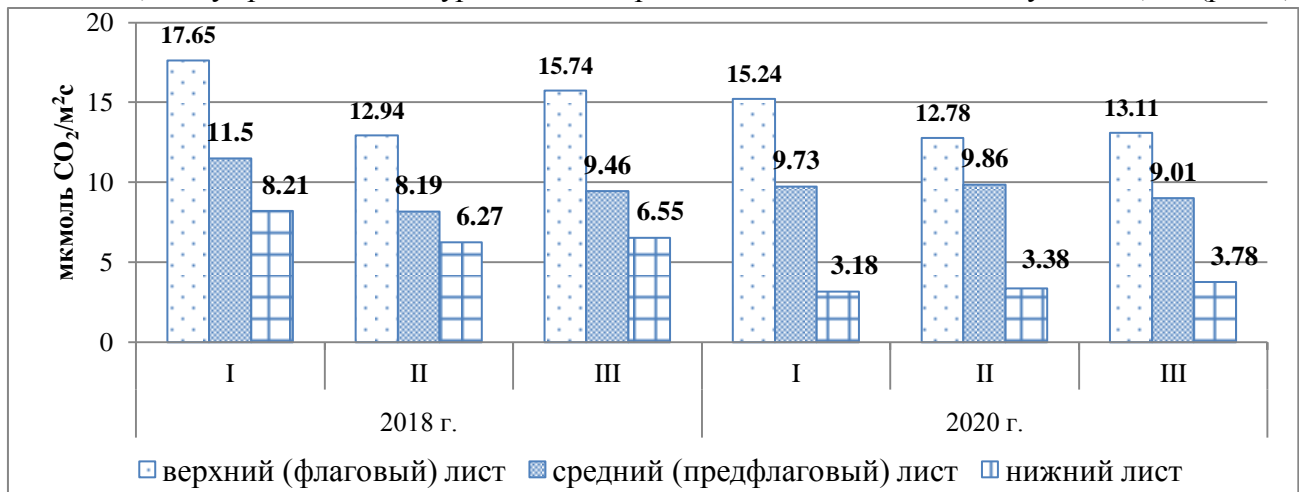


Рисунок 4 – Интенсивность фотосинтеза в онтогенезе опытных групп сортов яровой пшеницы, в среднем за 2017-2019 гг.

Наиболее активно ассимилируются молекулы  $\text{CO}_2$  флаговым листом растений. В годы исследований интенсивность его фотосинтеза была выше предфлагового листа в среднем в 1,5 раза, а нижерасположенного – в 2,8 раза. Причем у высокоурожайных сортов ее значение в 2018 году было выше, чем у средне- и низкоурожайных в среднем на 26,7%, а в 2020 году – на 16,1% (рис. 5).



\*I – высокоурожайные сорта; II – среднеурожайные сорта; III – низкоурожайные сорта

Рисунок 5 – Интенсивность фотосинтеза\* в зависимости от яруса листьев у сортов яровой пшеницы в условиях полевого опыта 2018 и 2020 годов, фаза молочно-восковой спелости (\*в 2018 г.  $\text{HCP}_{05}$  для верхнего яруса составляла 0,23, в 2020 г. – 0,17)

Выявленные преимущества современных сортов культуры с повышенной урожайностью зерна во многом были обусловлены зерновой нагрузкой на флаговый лист, которая была в фазу молочно-восковой спелости в среднем на 38,3% больше, по сравнению с группой низкоурожайных (рис. 6).

Подтверждено, что на фотосинтетическую активность листьев в значительной степени оказывают донорно-акцепторные отношения: удаление у растений колоса приводило через трое суток к снижению интенсивности фотосинтеза флагового листа в среднем на 14,6%, предфлагового – на 22,2%, а нижерасположенного – на 6,6%. Поэтому предлагается отбор перспективных генотипов проводить по фотоактивности флагового листа, на который ложится основная нагрузка в обеспечении зерновок фотоассимилятами (Bragado, 2016).



Рисунок 6 – Зерновая нагрузка\* на флаговый лист (отношение массы зерновок к площади флагового листа) у изученных групп сортов яровой пшеницы в фазу молочно-восковой спелости, в среднем за 2019-2020 гг. (\*НСР<sub>05</sub> = 0,29)

В опытах, площадь флагового листа растений у изученных современных сортов яровой пшеницы изменялась от 9,0 до 27,0 см<sup>2</sup>, УПП – от 0,226 до 0,610 г/дм<sup>2</sup>. Большинству высокоурожайных сортов было присуще формирование несколько меньшего по площади (в среднем на 28,6%) флагового листа с повышенной (в среднем на 24,6%) удельной поверхностной плотностью (УППЛ), по сравнению с низкоурожайными сортами. Выявлена положительная связь урожайности с УППЛ ( $r=+0,08...+0,50$ ) и отрицательная с шириной ( $r= -0,51...-0,56$ ), и площадью флагового листа ( $r=-0,50...-0,56$ ). Коэффициент корреляции между УППЛ и интенсивностью фотосинтеза в фазу молочно-восковой спелости составлял в 2019 году +0,36; в 2020 году – +0,72.

В течение дня максимально высокая интенсивность фотосинтеза листьев у растений яровой пшеницы отмечалась с 9<sup>00</sup> до 12<sup>00</sup> часов, когда температура воздуха не столь высокая (составляла в период учета 21,2-22,6°С) как в последующее время, а солнце уже достаточно активно излучает энергию, чтобы обеспечить полное насыщение фотосинтеза. Коэффициент корреляции между дневным значением ИФ и температурой воздуха в 2018 году составлял (- 0,31), а в 2020 году – (-0,56).

В дообеденное время проявлялись и наиболее существенные генотипические различия: в 9<sup>00</sup> высокоурожайные сорта яровой пшеницы превосходили по интенсивности фотосинтеза средне- и низкоурожайные в 2018 засушливом году в среднем на 18,8%, а в благоприятных погодных условиях 2020 года – на 15,1% (рис. 7).

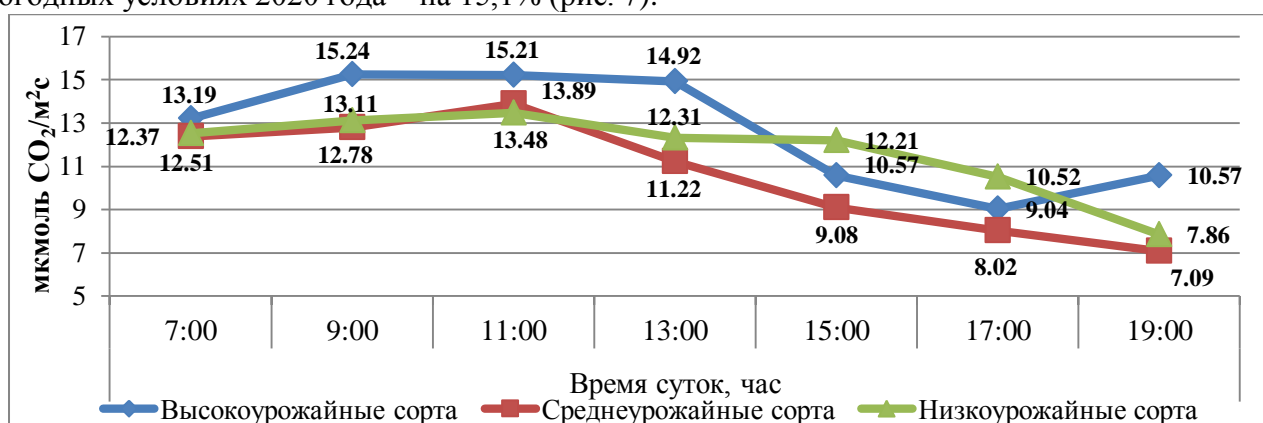


Рисунок 7 – Дневная динамика интенсивности фотосинтеза\* листьев (ИФ) у сортов яровой пшеницы в фазу молочно-восковой спелости зерновок, 2020 г. (\*НСР<sub>05</sub> в 9 часов составляет 0,21; в 11 часов – 0,23)

Высокоурожайные сорта характеризуются и более высокой отзывчивостью на усиление инсоляции. При освещенности в 1000 мкмоль (фотонов)/м<sup>2</sup>с они превосходили по ИФ средне- и низкоурожайные в среднем на 24,2%, при 1500 мкмоль (фотонов)/м<sup>2</sup>с – на 25,1%, при 1800 мкмоль (фотонов)/м<sup>2</sup>с – на 13,9%, при 2000 мкмоль (фотонов)/м<sup>2</sup>с – на 16,5% (рис. 8).

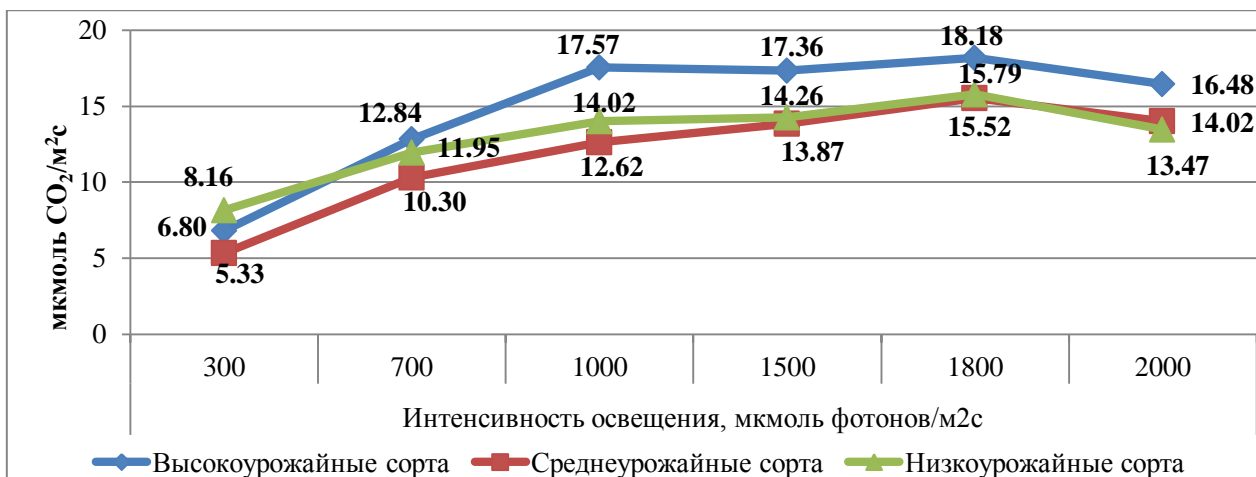


Рисунок 8 – Интенсивность фотосинтеза листьев растений в разных условиях светового режима у современных сортов яровой пшеницы, различающихся по урожайности, среднее за 2018-2020 гг.

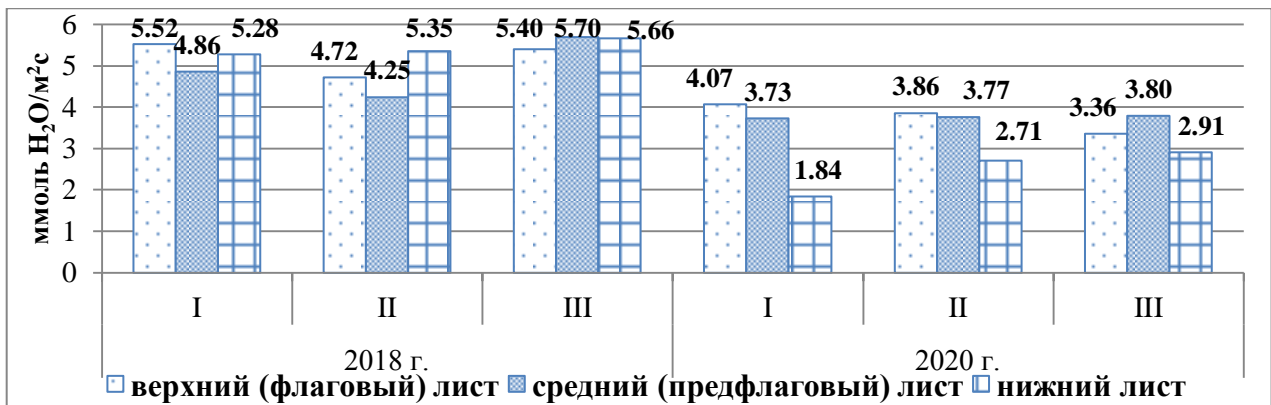
Коэффициент корреляции между ИФ и активностью естественного освещения листьев был равен +0,89. Таким образом, создание сортов яровой пшеницы, приспособленных к разным условиям инсоляции, позволит существенно повысить эффективность и селекцию, и сельскохозяйственного производства в целом.

#### 4.2 Транспирационная активность листьев растений

В годы исследований интенсивность транспирации листьев в фазу молочно-восковой спелости изменялась у современных сортов яровой пшеницы от 3,62 до 8,08 ммоль  $\text{H}_2\text{O}/\text{м}^2\text{с}$ . Наибольшая ее величина зафиксирована в условиях ограниченного количества осадков и высокой температуры воздуха: в 2018 засушливом году значение показателя было в среднем на 51,6% больше по сравнению с 2019 годом с относительно лучшими метеоусловиями. Однако в стрессовых условиях транспирационная активность листьев резко падала: в вегетационных модельных опытах, при снижении влажности почвы с 70 до 30% от полной влагоемкости, ее величина уменьшалась в 4 раза, что, очевидно, было обусловлено необходимостью экономии воды и недопущения обезвоживания клеток.

В онтогенезе максимальная интенсивность транспирации листьев растений яровой пшеницы отмечалась в период «цветение – начало образования плодов» и составляла в среднем 12,34 ммоль  $\text{H}_2\text{O}/\text{м}^2\text{с}$ . Это было тесно связано с активностью фотосинтеза: коэффициент корреляции между интенсивностью транспирации и фотосинтеза достигал 0,66, что в целом благоприятствовало формированию и повышенной урожайности зерна. Особенно значимая связь урожайности с интенсивностью транспирации проявлялась в период образования и массового налива зерновок: в 2017 году коэффициент корреляции между данными показателями был равен 0,56, в 2019 – 0,71, в 2020 году – 0,69 (значимо при  $P_{05}$ ), тогда как в условиях ограниченного увлажнения и повышенной температуры воздуха (2018 г.), высокая транспирация листьев отрицательно влияла на формирование урожая.

Наиболее высокой как транспирационной, так и фотосинтетической активностью отличался флаговый лист растений, не только в жестких, но и в благоприятных погодных условиях. В 2018 засушливом году интенсивность его транспирации была больше предфлагового листа в среднем на 35,4%, а нижерасположенного (третьего сверху) – на 30,7%. При этом группе высокоурожайных сортов культуры было присуще несколько меньшая транспирационная активность листьев, особенно нижних, в годы с жесткими метеоусловиями вегетации, и большая (флаговых) – в благоприятных погодных условиях. В 2018 году высокоурожайные сорта яровой пшеницы по интенсивности транспирации в фазу молочно-восковой спелости уступали группе низкоурожайных в среднем на 6,8%, а в 2020 году, наоборот, по величине данного показателя их превосходили в среднем на 5,4% (рис. 9).



I – высокоурожайные сорта; II – среднеурожайные сорта; III – низкоурожайные сорта

Рисунок 9 – Интенсивность транспирации в зависимости от яруса листьев у сортов яровой пшеницы в условиях полевого опыта 2018 и 2020 гг., фаза молочно-восковой спелости

В результате эффективность использования транспирируемой воды в осуществлении листьями фотосинтеза в засушливых условиях у них была выше, чем у сортов с более низкой урожайностью в среднем на 46,3%. Сделан вывод, что наибольшую селекционную ценность для яровой пшеницы представляют сортаобразцы, имеющие высокую фотосинтетическую активность при умеренной транспирационной активности листьев.

## 5 Морфобиологические особенности современных сортов яровой пшеницы, различающихся по урожайности

### 5.1 Особенности начального линейного роста

У современных сортов яровой пшеницы рост корешка более активно осуществляется только в первые несколько суток, а затем приоритет переходит к ростку. Если на 7-е сутки развития проростков длина корешка больше длины ростка в среднем на 20,4%, то на 14-е и 21-е сутки, наоборот, ее величина становится меньше на 8,6 и 7,5%, соответственно.

Проростки высокоурожайных сортов культуры по длине корешка на 14-е и 21-е сутки развития превосходили низкоурожайные в среднем на 5,8 и 12,5%, а по длине ростка находились с ними на одном уровне (рис. 10).

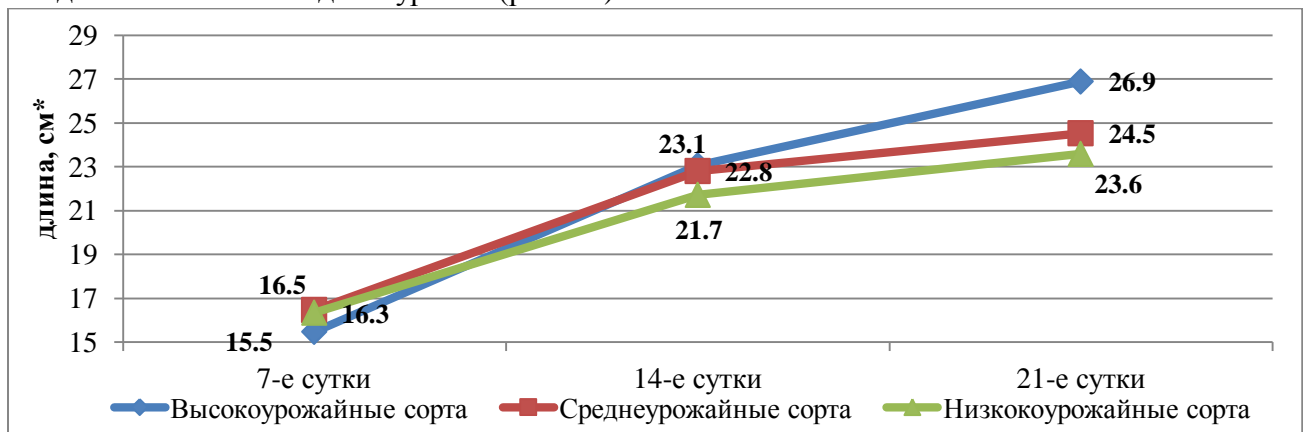


Рисунок 10 – Динамика начального линейного роста корешка у различных групп сортов яровой пшеницы (\*НСР<sub>05</sub> на 14-е сутки – 0,83; на 21-е сутки – 0,89)

Интервал варьирования показателя «отношение длины корешка к длине стебля» у изученных сортаобразцов яровой пшеницы составлял: в первые семь суток – 1,03-1,61; на 14-е сутки – 0,76-1,43; на 21-е сутки – 0,77-1,13. Наиболее высоким его значением (1,31) характеризовались современные высокоурожайные сорта, что может свидетельствовать о более значимых их потенциальных возможностях по использованию элементов минерального питания и воды, содержащихся в почве, на ранних этапах развития. В связи с чем, показатель «отношение длины корешка к длине стебля» рекомендуется использовать в селекции.

Среди изученных высокоурожайных сортов наиболее высоким отношением длины корешка к длине ростка характеризовались Бурлак, Ульяновская 105, Мелодия Дона, Воронежская 13 и Черноземноуральская 2, которые предлагается рассматривать как ценный исходный материал для селекции культуры по показателям начального роста.

## 5.2 Особенности накопления и распределение сухой массы по органам растения

### 5.2.1 Особенности накопления сухого вещества на ранних этапах развития растений

На ранних этапах развития наибольшей сухой массой характеризовались проростки современных высокоурожайных сортов яровой пшеницы, превосходя среднеурожайные и низкоурожайные сорта по этому признаку на 14-е сутки развития в среднем на 8,9%, на 21-е сутки – на 16,2% (рис. 11).

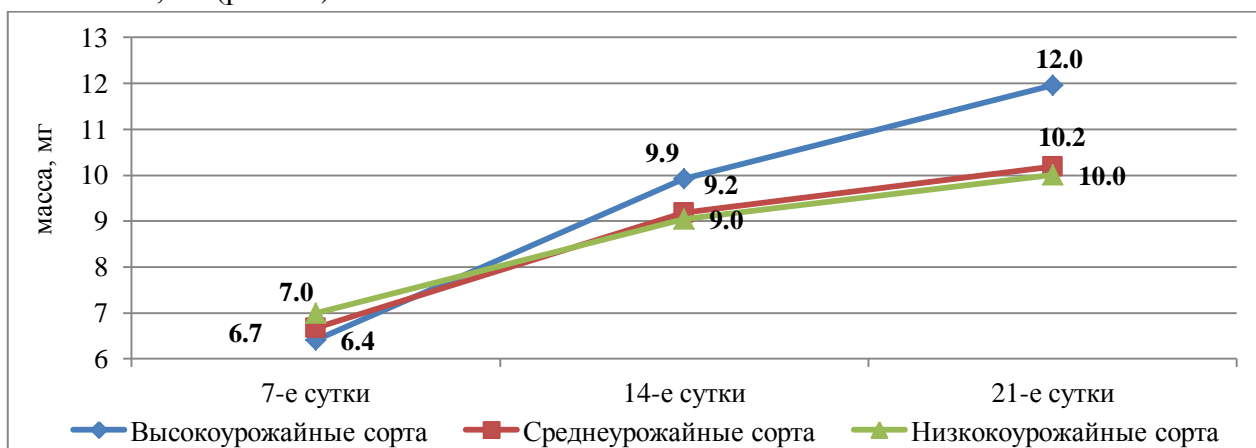


Рисунок 11 – Динамика накопления сухой массы\* проростками у групп сортов яровой пшеницы, различающихся по урожайности (\*НСР<sub>05</sub> на 14-е сутки составляет 0,16; на 21-е сутки – 0,18)

Превосходство обеспечивалось как за счет ростка, так и корешка. Наибольшим значением сухой массы ростка характеризовались Ульяновская 105, Хуторянка, Безенчукская Нива и Донская Элегия, а сухой массой корешка отличались Донская Элегия, Донэла М, Мелодия Дома и Черноземноуральская 2.

Интенсивность накопления сухого вещества ростком и корешком наиболее активно проявлялась в первые 7 суток развития (1,06 и 0,84 мг/сутки соответственно), а затем резко снижалась, что было связано с недостаточным количеством содержащихся запасных веществ в зерновках. При проращивании на водопроводной воде уже на 7-е сутки около 67% их запасных веществ использовалось на развитие ростка и корешка, поэтому в дальнейшем и отмечается выраженное затухание активности их роста (рис. 12).

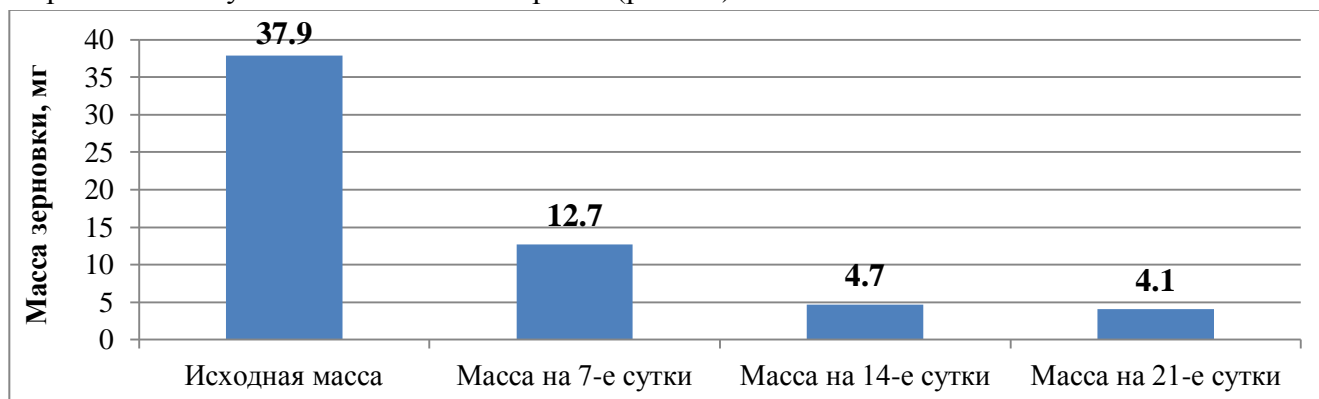


Рисунок 12 – Динамика убыли сухой массы зерновки у различных по возрасту проростков яровой пшеницы, среднее по всем сортам



### 5.2.2 Особенности накопления сухого вещества на поздних этапах развития растений

В условиях Орловской области, которая входит в Центрально-Черноземный регион России, у современных сортов культуры к уборке накапливается в среднем 2,50 грамма сухого вещества на растение. В годы с неблагоприятной погодой эффективность их продукционного процесса резко падает: в засушливом 2018 году сухая масса растений была на 48,8% ниже, чем в 2019 году, и на 36,0% по сравнению с 2020 годом (рис. 13).

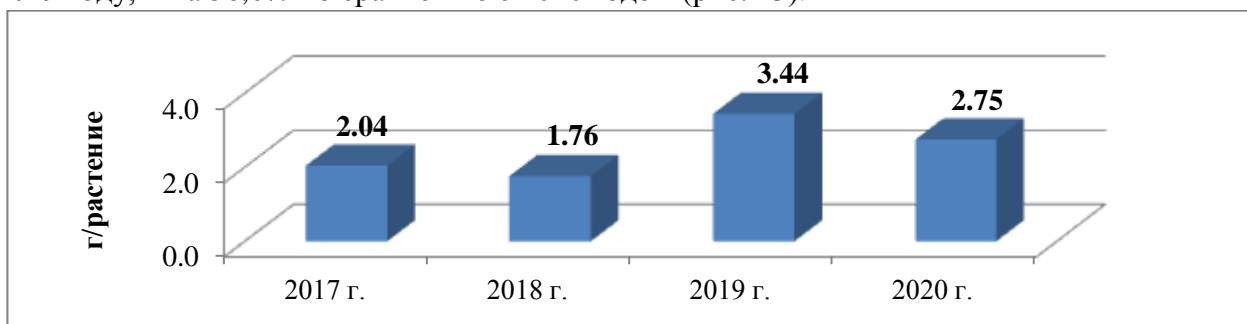


Рисунок 13 – Сухая масса растений у яровой пшеницы на период уборки в разные годы исследований, в среднем по всем сортам

Основное количество сухого вещества (от 92,0 до 96,0%) образуется у современных сортов культуры к фазе молочно-восковой спелости, а на завершающие этапы развития (созревание) приходится всего 4-8%. В годы исследования интервал генотипического варьирования признака по органам растения находился в пределах: колос – от 0,70 до 1,81 г; стебель – от 0,92 до 1,56 г; листья – от 0,17 до 0,34 г. При этом, между высоко-, средне- и низкоурожайными сортами по сухой массе растений существенных различий не выявлено ни в благоприятных, ни в экстремальных погодных условиях (рис. 14).

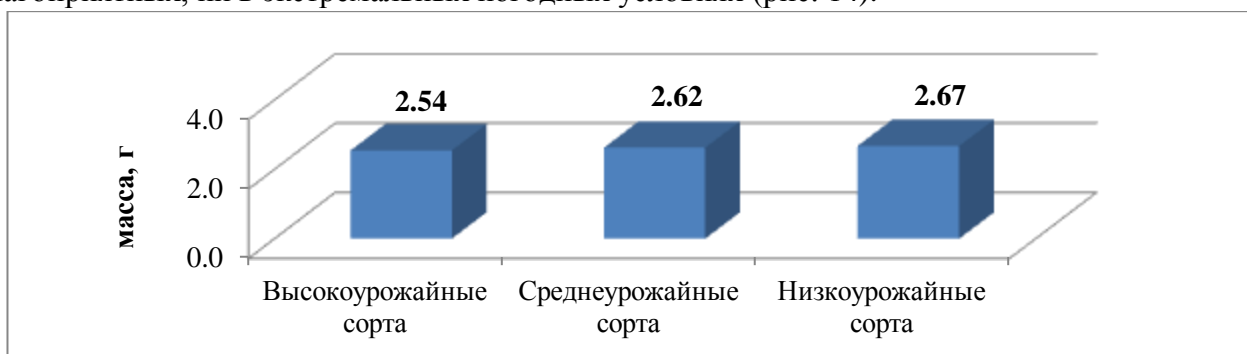


Рисунок 14 – Сухая масса\* растений на период уборки у современных сортов яровой пшеницы, различающихся уровнем урожайности (\*НСР<sub>05</sub> = 0,23)

Это подтверждает вывод о том, что биомасса растения является у яровой пшеницы консервативным признаком и слабо меняется в результате селекции, а рост урожайности достигается в основном за счет большего использования сухого вещества на налив зерновок – уборочного индекса (Кумаков, 1985).

У изученных современных сортов яровой пшеницы среднее значение уборочного индекса варьировало по годам от 38,4 до 49,2%. При этом, большинство высокоурожайных сортов, как правило, имели более высокий данный показатель, чем низкоурожайные – в среднем за годы исследований на 2,8% (рис. 15).

Считается, что значение уборочного индекса у зерновых культур может достигать более 55% (Кошкин, 2008). Исходя из этого, признано целесообразным величину данного показателя довести у перспективного сорта культуры в условиях Центрально-Черноземного региона России до 53-55%, чтобы обеспечить получение запланированной урожайности у перспективного сорта – 6,5-7,0 т/га.



Рисунок 15 – Значение уборочного индекса у изученных сортов яровой пшеницы в разные годы исследований

Достичь данной цели, вероятнее всего, можно за счет оптимизации параметров габитуса растений, в частности, посредством уменьшения высоты растений и листовой поверхности. Изученные современные сорта яровой пшеницы в среднем за годы исследований имели высоту растений от 81,0 до 118,0 см, длина главного стебля варьировала от 73,6 до 109,2 см, колоса – от 5,0 до 11,4 см, а флагового листа – от 18,2 до 27,9 см. Линейная плотность стебля (ЛПС) составляла 9,1-16,1 мг/см. Связь урожайность зерна с длиной и линейной плотностью стебля была не существенной (0,04...0,11...0,14).

Сделан вывод, что основные морфологические признаки растений у современных сортов яровой пшеницы уже близки к оптимальной норме, поэтому не требуют детальной проработки. Чтобы повысить уборочный индекс в данном случае важно у новых сортов культуры нарастить сухую массу колоса посредством увеличения количества зерновок и их крупности. Это позволит существенно повысить не только аттрагирующий пул колоса, но и его вклад в повышение урожайности (Коновалов, 1981).

### 5.3 Устойчивость к засухе современных сортов яровой пшеницы

Результаты исследований показали, что в настоящее время яровая пшеница не всегда может быть надежной страховой культурой в Центрально-Черноземном регионе РФ, так как ее современные сорта пока имеют низкие адаптивные способности как продукционного, так и репродуктивного процессов. В условиях выраженной засухи 2018 года сухая масса их растений была в среднем на 42,4%, а масса семян на единицу площади на 53,0% меньше по сравнению с более благополучными по метеоусловиям 2019 и 2020 годами. Превосходство по зерновой продуктивности высокоурожайных сортов над низкоурожайными достоверно проявляется в основном в годы с относительно благоприятными метеоусловиями в период генеративного развития растений (2019, 2020), а в погодных условиях близким к экстремальным (2018) различия между ними нивелируются.

В годы исследований количество образующихся зерен в колосе изменялось у современных сортов яровой пшеницы от 21,8 до 37,3 шт. на растение. В 2017 и 2018 годах с неблагоприятными метеоусловиями в период генеративного развития значение признака в среднем по изученным сортам было на 39,3% меньше, чем в годы с более оптимальными погодными условиями вегетации – 2019-2020 (рис. 16).

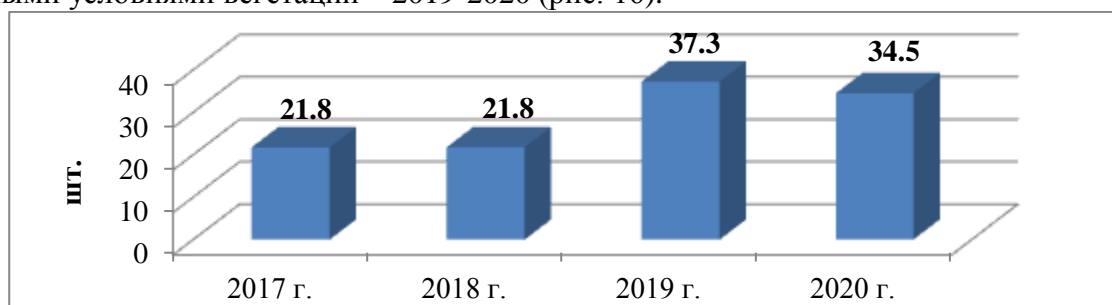


Рисунок 16 – Озерненность колоса растений яровой пшеницы в разные годы вегетации, среднее по всем изученным сортам



Негативное влияние экстремальных погодных условий на крупность зерновок также значимо. Масса 1000 зерен у современных сортов яровой пшеницы по годам вегетации варьировала в диапазоне от 31,3 до 44,9 г. В 2017 и 2018 годах ее значение у сортов яровой пшеницы было меньше, чем в 2019 году на 12,1%, а по сравнению с 2020 годом – на 30,3% (рис. 17).

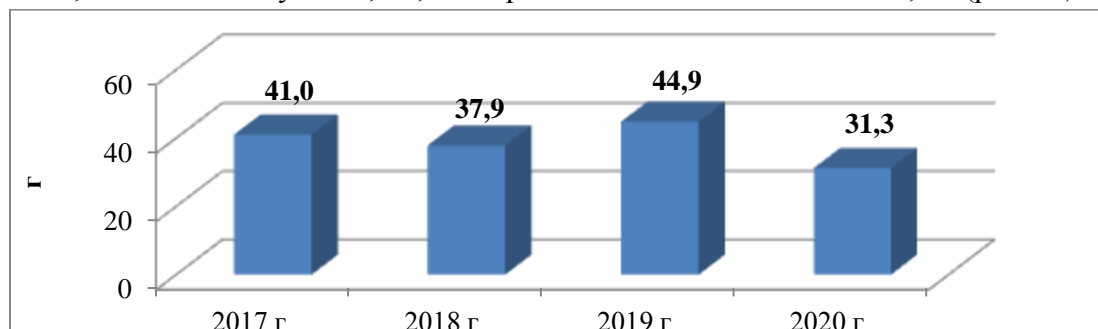


Рисунок 17 – Масса 1000 зерен у растений яровой пшеницы в разные годы вегетации, среднее значение по всем изученным сортам

Причем современные сорта яровой пшеницы имеют низкие адаптивные способности не только на поздних, но и на ранних этапах развития. Относительная засухоустойчивость их семян на 7-е сутки прорастания составляла в среднем 32,4%.

Невысокой засухоустойчивостью характеризуются и более взрослые растения современных сортов яровой пшеницы. При выращивании проростков в рулонах на осмотическом растворе маннита, имитирующим физиологическую сухость, длина их стебля на 14-е сутки была меньше по отношению к контролю в среднем на 13,0%, а длина корешка – в среднем на 20% (рис. 18).

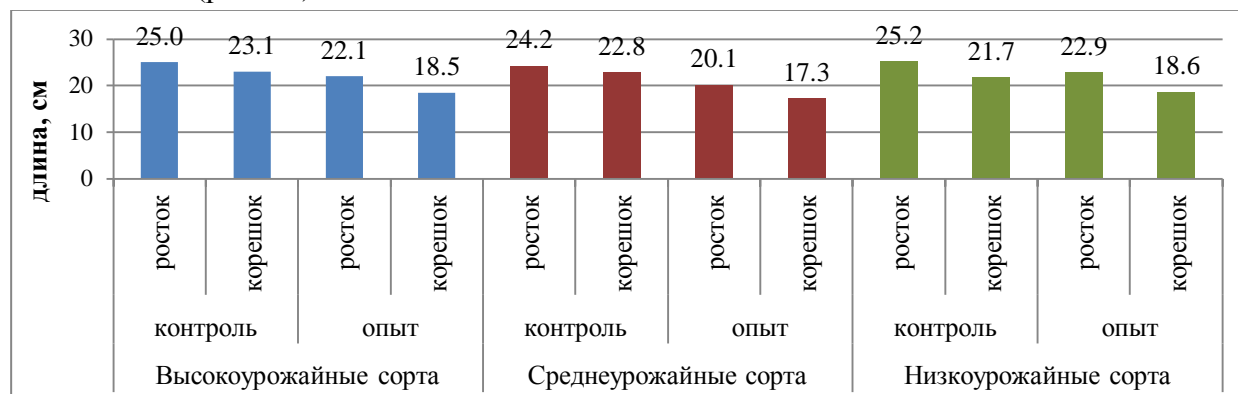


Рисунок 18 – Длина стебля\* и корешка\*\* у 2-х недельных растений яровой пшеницы на осмотическом растворе маннита (опыт) и дистиллированной воде (контроль), среднее по 2-м сериям лабораторных опытов у изученных групп сортов (\*НСР<sub>05</sub> = 0,78; \*\*НСР<sub>05</sub> = 0,83)

Проростки современных сортов яровой пшеницы характеризуются также и слабой способностью восстановления активности ростовых процессов после действия стрессора. Спустя 7 дней после перевода 14-и суточных проростков из экстремальных условий в оптимальные длина ростка увеличилась всего на 13,6%, а длина корешка – на 8,1% по сравнению с опытом.

### 6 Морфофизиологические параметры перспективного сорта (заключение)

Обобщение результатов проведенных исследований позволило заключить, что дальнейший рост урожайности, ее качества и стабильности у яровой пшеницы в основном будет связан с селекцией на более эффективное использование биологического потенциала культуры на основе оптимизации морфофизиологических признаков растений и повышения их адаптации к условиям возделывания.

Современные сорта яровой пшеницы обладают необходимым морфофизиологическим потенциалом, чтобы в условиях Центрально-Черноземного региона России к фазе уборочной спелости обеспечить образование 3,35 г сухого вещества и 1,85 г семян на растение или 6,77 т/га. Максимальная урожайность лучших районированных сортов составляла в опытах 6,54 т/га. Поэтому при создании перспективных сортов, максимально реализующих продуктивный потенциал культуры в регионе, вполне обоснованно ориентироваться на урожайность 6,55-7,00 т/га, учитывая эффективность использования сухих веществ на формирование семян (уборочный индекс), поскольку данный фактор является определяющим в достижении более высокой урожайности в результате селекции (Кумаков, 1985). У современных сортов культуры значение данного показателя варьирует по годам от 38,4 до 49,2%, тогда как она может достигать 55% и более (Кошкин, 2008). Увеличение уборочного индекса у перспективного сорта культуры рекомендуется довести до 53-55%, что позволит обеспечить в условиях Центрально-Черноземного региона получение планируемой урожайности зерна.

При этом следует ориентироваться на количество зерен и их крупность, за счет которых идет повышение урожайности. Коэффициент корреляции между массой зерен на растение и их количеством в колосе составлял в среднем 0,62, а с массой 1000 зерен – 0,47. У перспективного сорта культуры необходимо добиваться формирования в колосе до 42 зерновок с массой 1000 штук от 45 до 46 г, чтобы обеспечить получение в среднем 1,85 г семян с растения.

Следует также учитывать, что рост урожайности у современных сортов яровой пшеницы в основном достигается за счет нарастания углеводной части (крахмала) при выраженной тенденции снижения в нем доли белка, то есть посредством синтеза наименее энергоемких органических соединений. По содержанию в зерне крахмала они превосходят низкоурожайные сорта в среднем на 0,7%, но уступают им по содержанию белка в среднем на 0,5%, клейковины – на 1,0%, а по седиментации – на 5,7%. Поэтому создать новые сорта яровой пшеницы, формирующие не только высокий, но и качественный урожай зерна на продовольственные цели, по-видимому, будет сложнее, чем на кормовое и техническое использование. У перспективного сорта культуры для использования на продовольственные цели следует добиваться содержания протеина в зерне от 15,0 до 17,0%, содержания клейковины – до 32,0% и более, увеличения седиментации от 60 до 65%. Наличие отдельных сортов яровой пшеницы, формирующих высокую урожайность с высоким содержанием белка и клейковины, свидетельствует, что селекция в этом направлении может быть эффективной, к тому же эти показатели имеют высокую наследственную обусловленность. В годы исследований, содержание белка в зерне изученных сортов культуры варьировало от 13,3 до 16,1%, клейковины – от 23,3 до 28,9%, крахмала – от 61,4 до 65,0%, а седиментация – от 44,4 до 59,4%.

Для получения высокого, стабильного и качественного урожая на современном этапе селекции весьма важно учитывать и показатели фотосинтетической деятельности растений, за счет которой создаётся свыше 95% сухого вещества урожаев (Ничипорович, 1979). У изученных сортов яровой пшеницы выявлена положительная связь урожайности с УППЛ ( $r=0,50$ ) и ИФ ( $r=0,50$ ), но отрицательная с шириной ( $r=-0,51\dots-0,56$ ) и площадью ( $r=-0,50\dots-0,56$ ) флагового листа.

Большинству высокоурожайных сортов характерно формирование меньшей (в среднем на 25,5%) листовой поверхности с большей на 38,3% зерновой и на 23,9% плодовой нагрузкой по сравнению с низкоурожайными. У перспективного сорта площадь листьев должна быть в зоне возделывания 52,0-64,0 см<sup>2</sup>/растение, листья небольшими и плотными, расположенными под острым углом к стеблю, чтобы обеспечивать эффективное использование ФАР. Оценку и отбор исходного материала, в данном случае, важно проводить по показателю «удельная поверхностная плотность листьев – УППЛ», оптимальное значение которого в Центрально-Черноземном регионе составляет 40-50 г/м<sup>2</sup> (Тооминг, 1977). Это позволит создать сорта, не только приспособленные к световому режиму местности, но и с высокой фотосинтетической

активностью. Последнее заслуживает особого внимания, поскольку фотоэнергетический потенциал в результате селекции значимо не меняется, из-за чего рост урожайности у сельскохозяйственных культур сопровождается падением ее стабильности, качества и устойчивости растений к стрессовым биотическим и абиотическим факторам среды (Неттевич, 1986; Молчан и др., 1996; Амелин, 2001).

Современные сортообразцы яровой пшеницы характеризуются большой изменчивостью показателей фотоактивности листьев. В годы исследований диапазон генотипического варьирования интенсивности фотосинтеза листьев находился в пределах от 12,38 до 18,36 мкмоль  $\text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ . Отбор перспективных генотипов следует проводить по фотоактивности флагового листа, на который ложится основная нагрузка в обеспечении зерновок фотоассимилятами. Коэффициент корреляции между интенсивностью его фотосинтеза и урожайностью в период образования и массового налива зерновок равен 0,50.

При отборе перспективных генотипов культуры по показателям фотосинтетической деятельности так же целесообразно контролировать активность транспирации в силу ее тесной связи с интенсивностью ассимиляции  $\text{CO}_2$  ( $r=0,14\dots 0,66$ ). Создание сортов с высокой ИФ и умеренной транспирационной активностью листьев позволит не только повысить эффективность использования воды растениями, но и адаптивные их возможности, которые в процессе селекции имеют тенденцию к ухудшению. Современные сорта яровой пшеницы имеют низкие адаптивные способности как продукционного, так и репродуктивного процесса не только на поздних, но и ранних этапах развития. Относительная засухоустойчивость их прорастающих семян на 7-е сутки варьировала в диапазоне 17,5-56,3%. Габитус растений в данном случае должен обеспечивать высокую технологичность сорта и эффективность продукционного процесса агроценоза, а продолжительность периода вегетации по годам максимальное использование биоклиматических ресурсов региона.

Исходя из этого, перспективный сорт яровой пшеницы в Центрально-Черноземном регионе России должен характеризоваться следующими морфофизиологическими параметрами (табл. 2).

Таблица 2 – Морфофизиологические параметры перспективного сорта яровой пшеницы для Центрально-Черноземного региона России

№ п/п	Наименование признака (параметра)		Интервал генотипического варьирования признака	Достигнутый уровень у современных сортов	Значение у перспективного сорта	Источники для использования в селекции
1	Урожайность, т/га		1,6-6,5	3,4-4,3	6,5-7,0	Донэла М, Воронежская 18, Бурлак
2	Сухая масса, г/растение		1,3-4,4	2,0-2,9	3,2- 3,5	Бурлак, Ульяновская 105, Рима
3	Уборочный индекс, %		30,8-52,8	41,2-48,0	53,0-55,0	Воронежская 13, Рима, Воронежская 18, Мелодия Дона
4	Масса семян, г/растение		0,59-2,05	0,85-1,38	1,80-1,90	Бурлак, Рима, Воронежская 13
5	Масса 1000 зерен, г		23,6-54,1	31,4-44,8	45,0-46,0	Мелодия Дона, Донэла М, Воронежская 13
6	Число зерен с растения		14,0-49,9	25,8-34,5	40,0-42,0	Бурлак, Воронежская 13, Воронежская 18
7	Содержание в зерне, %	белка	10,9-18,2	12,2-15,6	16,0-17,0	Черноземноуральская 2, Ульяновская 105, Рима, Мелодия Дона
		клейковины	13,4-33,8	19,9-27,7	28,0-32,0	Черноземноуральская 2, Ульяновская 105, Рима, Мелодия Дона
8	Седиментация, %		24,6-66,8	36,9-57,4	60,0-65,0	Черноземноуральская 2, Ульяновская 105, Рима, Мелодия Дона

## Продолжение таблицы 2

9	Длина главного стебля в среднем на растение, см		73,4-115,9	95,6-109,2	95,0 -105,1	Бурлак, Ульяновская 105, Донэла М
10	Линейная плотность стебля, мг/см		7,9-17,3	9,1-12,2	Более 15,0	Ульяновская 105, Мелодия Дона, Воронежская 18
11	Интенсивность линейного роста в первые 10 дней, см/сутки:	корня	1,5-2,5	2,29	2,35	Донэла М, Воронежская 18, Черноземноуральская 2
		ростка	1,3-2,2	1,82	2,2	Ульяновская 105, Мелодия Дона, Черноземноуральская 2
12	Площадь в фазу молочно-восковой спелости зерна, см <sup>2</sup> /растение:	флагового листа	9,0-32,7	9,0-23,5	10,0-12,0	Донэла М, Рима, Воронежская 13
		всех листьев	36,1-130,8	36,1-94,2	52,0-64,0	Донэла М, Рима, Воронежская 13
13	УПП флагового листа, г/дм <sup>2</sup>		0,184-0,610	0,267-0,610	0,40-0,50	Мелодия Дона, Донэла М, Бурлак
14	Тип листьев		преимущественно мезофитный	обычные с присутствием ксероморфности	ксероморфность-эректоидность	Мелодия Дона, Рима, Воронежская 13
15	ИФ флагового листа в фазу молочно-восковой спелости зерна, мкмольСО <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> с		9,42-22,55	13,83-15,37	18,75-20,25	Донэла М, Черноземноуральская 2
16	ИТ флагового листа в фазу молочно-восковой спелости зерна, ммольН <sub>2</sub> О/м <sup>2</sup> с		1,30-10,20	4,15-5,32	4,30-4,50	Донэла М, Черноземноуральская 2
17	Эффективность использования транспирируемой воды на фотосинтез		1,2-4,7	2,7-2,8	4,3-4,5	Донэла М, Черноземноуральская 2
18	Продолжительность, дней	всходы-колошение	30-55	35-45	33-35	Черноземноуральская 2, Мелодия Дона, Донэла М
		колошение-убор. спелость	35-55	43-49	45-50	
		всходы-уборка	65-110	78-94	78-85	

Данные параметры растений следует рассматривать как цели селекции в регионе, базовой основой которой должны служить, прежде всего, сортообразцы местного происхождения, имеющие более высокую приспособленность к условиям возделывания.

## ВЫВОДЫ

1. Современные сорта культуры в оптимальных погодных условиях Центрально-Черноземного региона России способны формировать урожайность зерна в среднем 3,12 т/га, а лучшие из них от 4,35 до 6,54 т/га.

2. Превосходство высокоурожайных сортов над низкоурожайными (в среднем на 1,2 т/га) достоверно проявляется в основном в годы с относительно благоприятными метеоусловиями для вегетации растений, тогда как в экстремальных условиях (засуха) различия нивелируются. Величина урожайности по годам исследований варьировала от 2,10 до 4,55 т/га.

3. Формирование более высокого урожая у современных сортов культуры тесным образом связано с индивидуальной семенной продуктивностью растений, которая определяется как озерненностью колоса, так и крупностью образующихся зерновок. Коэффициент корреляции между массой и количеством зерен в колосе составлял в среднем 0,62, а с массой 1000 зерен он был равен 0,47. Высокоурожайные сорта характеризуются, преимущественно, более крупными зерновками, а низкоурожайные – большим количеством зерен в колосе

4. Рост урожайности у современных сортов яровой пшеницы в основном достигается посредством синтеза наименее энергоемких органических соединений. По содержанию в зерне

крахмала высокоурожайные сорта превосходили низкоурожайные в среднем на 0,7%, но уступали им по содержанию белка в среднем на 0,5%, клейковины – на 1,0%, а по седиментации – на 5,7%.

5. Повышенная урожайность зерна у современных сортов яровой пшеницы в значительной степени обеспечивается хозяйственной эффективностью листовой системы растений. Большинству высокоурожайных сортов характерно формирование меньшей (в среднем на 25,5%) листовой поверхности с большей на 38,3% зерновой и на 23,9% плодовой нагрузкой по сравнению с низкоурожайными.

6. Хозяйственная эффективность листьев у растений яровой пшеницы тесно связана с их интенсивностью фотосинтеза, которая наиболее существенно проявляется в основном в период образования и массового налива зерновок на уровне флагового листа с 9<sup>00</sup> до 13<sup>00</sup>. В это время высокоурожайные сорта культуры по данному показателю превосходят низкоурожайные в среднем на 17,5%. Коэффициент корреляции между интенсивностью фотосинтеза и урожайностью сорта составлял +0,50, что достоверно при  $P_{05}$ .

7. Существенное влияние на активность фотосинтеза современных сортов яровой пшеницы также оказывают: площадь ( $r=-0,45\dots-0,75$ ), УППЛ ( $r= 0,36\dots0,72$ ), транспирация листьев ( $r=0,14\dots0,66$ ), влажность почвы ( $r= 0,87$ ), температура воздуха ( $r= -0,31\dots-0,56$ ) и интенсивность солнечного света ( $r= 0,89$ ).

8. Рост корешка у зерновок яровой пшеницы активно осуществляется только в первые несколько суток, а затем приоритет переходит к ростку: на 7-е сутки развития проростков длина корешка больше длины ростка в среднем на 20,4%, а на 14-е и 21-е сутки, наоборот, ее величина на 8,6 и 7,5% соответственно меньше. Проростки высокоурожайных сортов по длине корешка на 14-е и 21-е сутки развития превосходили низкоурожайные в среднем на 5,8 и 12,5%, а по длине ростка находились с ними на одном уровне.

9. Современные сорта яровой пшеницы имеют низкие адаптивные способности как продукционного, так и репродуктивного процесса: в условиях выраженной засухи 2018 года сухая масса растений культуры была в среднем на 42,4%, а масса семян на единицу площади на 53,0% меньше по сравнению с более благополучными по метеоусловиям 2019 и 2020 годами.

10. Современные сорта яровой пшеницы характеризуются низкой устойчивостью не только на поздних, но и ранних этапах развития. Относительная засухоустойчивость их прорастающих семян на 7-е сутки варьировала в диапазоне 17,5-56,3%. Между изученными высоко- и низкоурожайными группами сортов существенных различий не наблюдалось.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

1. Для повышения эффективности селекции яровой пшеницы в условиях Центрально-Черноземного региона России рекомендуется ориентироваться на морфофизиологические параметры перспективного сорта.

2. В селекции яровой пшеницы на высокую урожайность и качество зерна в качестве ценного генетического материалом предлагается использовать сорта Черноземноуральская 2, Ульяновская 105, Рима, Мелодия Дона; на устойчивость к засухе на ранних этапах развития - сорта Аль Варис, Хуторянка, Тулайковская Надежда и Воронежская 20, а на повышенную фотосинтетическую активность листьев – Донэла М и Черноземноуральская 2.

3. Результаты исследований также могут быть использованы в учебном процессе при подготовке магистров по направлению 35.04.04 Агрономия, профиль – Научно-методические основы селекции сельскохозяйственных культур, и в подготовке аспирантов по специальности 06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *В рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень ВАК:*

1. Чекалин Е.И. Урожайность зерна пшеницы яровой в условиях Орловской области и особенности ее формирования современными сортами / Е.И. Чекалин, А.В. Амелин, В.В. Заикин, **Р.А. Икусов**, В.И. Мазалов, А.В. Сагин, В.Т. Городов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 72. – С. 369-372.

2. Амелин А.В. Биохимические показатели качества зерна у современных сортов яровой пшеницы / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, В.И. Мазалов, В.Т. Городов, **Р.А. Икусов** // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 2 (77). – С. 3-11.

3. Амелин А.В. Сравнительная характеристика современных сортов яровой и озимой пшениц в связи с селекцией на высокую и качественную урожайность зерна в условиях Центрально-Черноземного региона России / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, В.И. Мазалов, В.Т. Городов, **Р.А. Икусов** // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 6 (81). – С. 9-17.

4. **Икусов Р.А.** Особенности формирования урожая и качества зерна у современных сортов пшеницы яровой / Р.А. Икусов, А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, В.И. Мазалов, В.Т. Городов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 80. – С. 133-138.

5. Амелин А.В. Отзывчивость современных сортов яровой пшеницы на различную интенсивность освещения / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, **Р.А. Икусов** // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 84. – С. 26-31.

6. **Икусов Р.А.** Полиморфизм показателей начального роста у современных сортов яровой пшеницы / Р.А. Икусов, А.В. Амелин, В.В. Заикин, Е.И. Чекалин, В.И. Мазалов // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 6 (87). – С. 3-11.

7. Городов В.Т. Повышение фотоактивности листьев растений яровой пшеницы селекционным путем / В.Т. Городов, А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, **Р.А. Икусов** // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 151-162.

8. Амелин А.В. Генотипические особенности фотосинтетической активности листьев растений яровой пшеницы в связи с селекцией сортов нового типа / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, **Р.А. Икусов** // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 3. – С. 9-13.

### *Статьи в зарубежных журналах, входящих в базу цитирования Scopus:*

9. Amelin A.V. Donor-acceptor relations influence on the modern spring wheat varieties photosynthetic system activity/ A.V. Amelin, E.I. Chekalin, V.V. Zaikin, **R.A. Ikusov** // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021.

### *Статьи и материалы конференций:*

10. Амелин А.В. Продуктивность и качество зерна у современных сортов яровой пшеницы в условиях экологического испытания на Шатиловской СХОС / А.В. Амелин, В.И. Мазалов, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, **Р.А. Икусов**, В.Т. Городов // В сборнике: Вавиловские чтения – 2018. Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 131-ой годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. – 2018. – С. 32-38.

11. **Икусов Р.А.** Содержание клейковины и седиментация зерна современных сортов яровой пшеницы / Р.А. Икусов, А.В. Амелин // В сборнике: Фундаментальные основы управления производственным процессом для повышения экономической и энергетической эффективности АПК. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 50-53.

12. **Икусов Р.А.** Содержание крахмала в зерне у современных сортов яровой пшеницы / Р.А. Икусов // В сборнике: Студенчество России: век XXI. Материалы VI Всероссийской молодежной научно-практической конференции: в 4-х частях. – 2019. – С. 232-238.
13. **Ikusov R.A.** The content of protein and starch in modern spring wheat varieties / R.A. Ikusov, A.V. Amelin, Y.L. Mikhaylova // В сборнике: Наука без границ и языковых барьеров. Материалы международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 90-94.
14. **Икусов Р.А.** Особенности формирования структуры урожая у современных сортов яровой пшеницы в условиях экологического испытания / Р.А. Икусов, А.В. Амелин, В.И. Мазалов // В сборнике: Современные научно-практические основы агротехнологий в сельскохозяйственном производстве. Материалы международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 16-23.
15. **Икусов Р.А.** Полиморфизм яровой пшеницы по интенсивности транспирации в связи с селекцией на высокую и стабильную урожайность / Икусов Р.А. // Научный журнал молодых ученых. 2019. № 4 (17). С. 26-30.
16. **Икусов Р.А.** Выделение источников высокого качества зерна яровой пшеницы для использования в селекции / Р.А. Икусов, В.П. Орлов, С.С. Ларионов // Научный журнал молодых ученых. – 2019. – № 4 (17). – С. 30-34.
17. Городов В.Т. Использование показателей фотосинтеза растений в селекции яровой пшеницы / В.Т. Городов, А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, **Р.А. Икусов** // В сборнике: Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК. Сборник докладов национальной конференции. – 2020. – С. 49-50.
18. Амелин А.В. Особенности газообмена CO<sub>2</sub> у листьев растений яровой пшеницы в связи с созданием сортов нового типа / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, **Р.А. Икусов**, А.С. Шишкин // В сборнике: Научные основы повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Матеріали IV Міжнародної науково практичної конференції. – 2020. – С. 46-49.
19. **Ikusov R.A.** Yield and quality of spring wheat grain / R.A. Ikusov // В сборнике: Наука без границ и языковых барьеров. Материалы международной научно-практической конференции. – 2021. – С. 191-194.
20. **Икусов Р.А.** Результаты скрининга современных сортов яровой пшеницы по урожайности и качеству зерна / Р.А. Икусов, Д.И. Шевчук // Научный журнал молодых ученых. – 2021. – № 1 (22). – С. 34-39.
21. Чекалин Е.И. Интенсивность фотосинтеза листьев растений у современных сортов яровой пшеницы / Е.И. Чекалин, **Р.А. Икусов**, В.В. Заикин, А.В. Амелин // В сборнике: Современные наукоемкие технологии – основа модернизации агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции. – 2021. – С. 226-231.