

На правах рукописи



Голева Галина Геннадьевна

**МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ
АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM L.*)
В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ**

06.01.05 – селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени доктора
сельскохозяйственных наук

ВОРОНЕЖ–2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Научный

консультант: доктор с.-х. наук, доцент,
заслуженный работник сельского хозяйства
Ващенко Татьяна Григорьевна

Официальные

оппоненты: **Шпилёв Николай Серафимович**, доктор с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства

Карпачёв Владимир Владимирович, доктор с.-х. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «ВНИИ рапса», заведующий отделом селекции и семеноводства рапса

Тороп Елена Александровна, доктор биол. наук, ФГБНУ НИИСХ ЦЧП имени В.В. Докучаева, главный научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

Защита состоится 20 декабря 2017 года в 10⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 220.010.03, созданного на базе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, по адресу: 394087. г. Воронеж, ул. Мичурина, д.1, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, ауд. 268.

Тел/факс: 8(473)253-86-51; E-mail: biolog2011@rambler.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, на сайте университета <http://www.ds.vsau.ru> и ВАК РФ <http://www.vak3.ed.gov.ru>

Автореферат разослан 20 сентября 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Ващенко Т.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В настоящее время одна из основных проблем сельскохозяйственного производства заключается в его сильной зависимости от экологических условий. Отбор на большую потенциальную продуктивность в селекции озимой пшеницы сопровождался снижением адаптивности современных интенсивных сортов по сравнению с сортами, так называемого экстенсивного типа (Ставнийчук В. Г., Максимов Н.Г., 1989). В результате сорта зерновых культур, обладая высоким потенциалом продуктивности, зачастую не способны реализовать его в производстве. Поэтому наиболее важным фактором интенсификации современного аграрного производства является повышение экологической устойчивости сортов. Преодолеть разрыв между потенциальным и реальным урожаем зерновых культур может только селекция, направленная на изменение архитектуры растений и основных метаболических процессов, включая фотосинтез, что позволит создать сорта зерновых культур, обеспечивающие эффективное использование факторов среды (Кабаникова Л. Ф., 2011).

В связи с этим изучение закономерностей изменчивости и взаимосвязей основных морфо-биологических признаков, связанных с продуктивностью, обоснование подбора родительских форм для гибридизации, разработка стратегии отбора селекционно ценных генотипов, поиск инновационных подходов и методов, позволяющих сохранять и быстро размножать новый селекционный материал при создании сортов озимой пшеницы, сочетающих высокую урожайность с адаптивностью, являются актуальными.

Степень разработанности темы исследований. Несмотря на наличие достаточно большого числа работ, посвящённых разработке теоретических основ селекции на адаптивность (Зыкин В. А., Белан И. А. (1993); Литун П. П. (1980); Мартынов С. П. (1989); Островерхов В.О. (1978); Хангильдин В. В. (1979); Allard R. W., Bradshaw A. D. (1964); Lerner J. M. (1954)), среди учёных до сих пор нет единого мнения о селекционном решении проблемы адаптации сортов. Кроме того, по многим вопросам в научной литературе имеются весьма противоречивые данные. Так, по мнению П. В. Дальничука, Г. К. Яценко, 1976; М. И. Зеленского,

Г. А. Могилевой, 1979; В. А. Кумакова, 1980; П. П. Лукьяненко, 1990, размеры листьев тесно коррелируют с продуктивностью колоса, а по данным других авторов (Алиев Д. А., 1974; Егорова Г. С., 2000; Voldeng H. D., Simpson G. M., 1967) – увеличение их площади не всегда ведёт к повышению урожая зерна. С. Борович (1984) и А. А. Ничипорович (1974) считают, что большее значение имеют отбор и создание форм озимой пшеницы с высокой фотосинтетической активностью, способных формировать высокий урожай зерна. Такие же противоречивые данные имеются и в отношении сопряжённости зимостойкости с морфологическими признаками растений озимой пшеницы (Полимбетова Ф.А., Мамонов Л. К. (1963), Горобец А. Г., Орлюк А. П., Шелепова В. И. (1973), Балджи Е. Н. (1976), Пикуш Г. Р. (1980), Артюх А. Д. (1985)), продуктивности с её элементами (Носатовский А. И. (1965), Иванов П. К. (1971), Вареница Е. Т. (1973), Мухаметов Э. М. (1982), Бухар И. Е. (1983), Губанов Я. В. (1988), Егорцев Н. А. (2003), Ковтун В. И. (2006)). Из-за модифицирующего влияния экологических условий, под влиянием которых изменяется теснота и направленность корреляций, существует необходимость проведения исследований в каждой конкретной экологической зоне.

В селекции злаковых и других сельскохозяйственных культур всё большее значение приобретает метод эмбриокультуры – культуры зародышей *in vitro*. Для злаковых вообще, а для пшеницы в особенности, генетическая обусловленность поведения клеток в культуре требует строгого подбора условий культивирования к конкретному генотипу. Всё это и обусловило необходимость проведения научных исследований.

Цель исследований: научное обоснование и разработка новых подходов и методов, обеспечивающих создание сортов озимой пшеницы с высоким уровнем продуктивности и устойчивости к абиотическим факторам среды в условиях Центрального Черноземья.

Задачи исследований. 1. Оценить влияние основных источников варьирования (среда, генотип, взаимодействие генотип × среда) на морфо-биологические признаки озимой пшеницы.

2. Оптимизировать существующие и предложить новые способы оценки и отбора исходного материала озимой пшеницы с высоким потенциалом продуктивности.

3. Разработать новые принципы подбора родительских компонентов для скрещиваний с использованием методов многомерной статистики.

4. Выявить взаимосвязь между основными элементами продуктивности и установить признаки-индикаторы продуктивности.

5. Провести апробацию различных методик оценки адаптивных свойств сортообразцов и дать рекомендации по их использованию в селекции.

6. Установить параметры эмбриокультуры и микроклонального размножения озимой пшеницы в условиях искусственных питательных сред.

7. Создать новые сорта озимой мягкой пшеницы, отвечающие требованиям современного сельскохозяйственного производства.

Научная новизна работы. Научно обоснованы морфобиологические критерии для отбора высокопродуктивных зимостойких форм при селекции озимой пшеницы в условиях ЦЧР: стабильная величина конуса нарастания (0,35-0,45 мм), замедленный темп осеннего развития, поникающий и развалистый тип куста.

Установлено, что формирование высокопродуктивных колосьев озимой пшеницы в условиях Центрального Черноземья возможно при разных уровнях развития вегетативной сферы растений, что позволяет создавать высокопродуктивные засухоустойчивые сорта. Проведена оценка роли листьев, в том числе и флагового, в формировании продуктивности культуры. Доказано, что их размер оказывает влияние на число продуктивных колосков и зёрен в колосе, причем повышенная продуктивность позднеспелых форм с широкими флаговыми листьями обусловлена большей озернёностью их колосьев, а скороспелых форм с узкими флаговыми листьями – крупностью зёрен.

Впервые показано, что в условиях региона у озимой пшеницы негативное влияние продуктивного кущения на озернёность, продуктивность главного колоса и крупность зёрен колосьев побегов кущения отмечается только в отдельные годы, которое, в некоторой

степени, нейтрализуется, благодаря образованию непродуктивных побегов.

Установлено, что в лесостепи ЦЧР зерновая продуктивность озимой пшеницы определяется двумя основными элементами – числом зёрен в колосе и их крупностью. Определено три способа формирования продуктивности: первый – характеризуется преобладающим влиянием числа зёрен; второй – равным вкладом числа зёрен и массы 1000 зёрен, а третий – влиянием условий вегетации на вклад числа зёрен и массы 1000 зёрен в структуру урожая.

Теоретически обоснован и экспериментально подтверждён принцип подбора родительских компонентов для гибридизации озимой пшеницы по признакам их морфо-биологической разнокачественности.

В качестве метода оценки морфо-биологической разнокачественности сортообразцов апробирован кластерный анализ (метод k-средних) и определены признаки группировки: высота растения, длина периода всходы-колошение, масса 1000 зёрен, которые являются критериями оценки сорто-, экотипа и продуктивности генотипов озимой мягкой пшеницы.

Разработан «Способ получения жизнеспособных растений озимой мягкой пшеницы и внутривидовых гибридов методом эмбриокультуры из незрелых зародышей» (заявка на патент № 2017104683 от 13.02.2017 г.) путём прямой регенерации.

Проведён сравнительный анализ методов оценки адаптивных свойств сортов озимой пшеницы, в результате которого определены группы тесно коррелирующих между собой показателей и выявлены наиболее информативные, объективные критерии оценки отзывчивости и гомеостатичности сортов для условий региона, что подтверждено методами статистического анализа.

Определён вклад факторов «среда», «генотип» и их взаимодействия в изменчивость таких признаков, как длина конуса нарастания, число побегов и масса растения в конце периода осенней вегетации, длина, ширина и площадь листьев, число побегов кущения (продуктивных и непродуктивных), длина колоса, число колосков (продуктивных и непродуктивных) и зёрен в колосе, индекс аттракции, масса 1000 зёрен, что позволило провести оценку их селекционной ценности.

На основе теоретических и практических разработок созданы сорта озимой мягкой пшеницы Алая Заря (включён в Государственный реестр селекционных достижений с 2011 г. по Центрально-Чернозёмному региону (А.с. № 45757 от 21.05.2010, Патент № 5407) и Алексия (проходит Государственное сортоиспытание с 2016 г. (заявка № 69279/8458108 с датой приоритета 25.12.2015 г.).

Теоретическая значимость исследований. Обоснованы принципы подбора родительских форм для скрещиваний и выявления ценных селекционных линий озимой мягкой пшеницы с использованием методов многомерной статистики на основе результатов анализа изменчивости признаков, связанных с продуктивностью.

Результаты экспериментальных исследований имеют принципиальное значение для создания перспективной модели сорта озимой мягкой пшеницы и теоретических основ селекции на продуктивность и устойчивость к абиотическим факторам среды.

Обоснован принципиально новый подход к изучению сопряжённости признаков у озимой пшеницы, заключающийся в создании однородных выборок путём группировки объектов по динамике изменчивости результативного признака (если его варьирование обусловлено условиями вегетации) или по его абсолютной величине (если его изменчивость связана с преобладающим влиянием фактора «генотип»).

Доказан факт сортовых различий в формировании продуктивности озимой пшеницы в условиях ЦЧР. Выделены три основные группы сортов, различающиеся по характеру формирования продуктивности:

- у большей части изученных сортообразцов продуктивность определяется показателем «число зёрен в колосе» (первая группа);
- продуктивность второй группы обеспечивается равным вкладом показателей числа и крупности зёрен;
- у третьей группы на вклад числа и массы 1000 зёрен в продуктивность оказывают влияние условия вегетации.

Обоснована возможность создания высокопродуктивных генотипов озимой пшеницы с разным уровнем развития вегетативной сферы растений, что необходимо учитывать при разработке моделей сортов для различных условий.

Установленные закономерности изменчивости и характера проявления продуктивности и её элементов у сортообразцов и гибридов озимой пшеницы использованы на практике при селекции высокопродуктивных сортов озимой пшеницы: Алая Заря и Алексия.

Выявленная специфическая реакция сортообразцов на изменение условий выращивания является теоретической основой для создания экологически стабильных и гомеостатичных сортов.

Практическая значимость исследований. Разработанные на основе результатов анализа изменчивости количественных признаков, связанных с продуктивностью, принципы подбора родительских компонентов для скрещиваний рекомендуется применять при селекции озимой пшеницы на высокую продуктивность.

Для создания адаптированных к условиям региона сортов озимой пшеницы рекомендуется апробированный при выведении новых сортов Алая Заря и Алексия принцип подбора родительских компонентов для гибридизации на основе их морфобиологической разнокачественности с использованием метода к-средних.

Предлагается проводить оценку исходного и селекционного материала при селекции фотосинтетически эффективных сортов с использованием разработанных автором оригинальных коэффициентов озернённости (ЗФЛ) и продуктивности (МЗФЛ) флаговых листьев, эффективности фотосинтеза листьев в отношении числа зёрен (КЭФ ЧЗ) и массы зерна (КЭФ МЗ), что позволит повысить результативность селекционной работы по озимой пшенице.

Разработанный способ получения жизнеспособных растений озимой мягкой пшеницы и внутривидовых гибридов методом эмбриокультуры из незрелых зародышей путём прямой регенерации позволяет сохранять и размножать ценный селекционный материал в культуре *in vitro* и рекомендуется для использования в селекционном процессе (заявка на патент № 2017104683 от 13.02.2017 г.).

Созданные при участии автора с использованием разработанных селекционных приёмов и методов два новых сорта озимой мягкой пшеницы обеспечивают получение стабильно высоких урожаев зерна. Сорт Алая Заря, включённый в Государствен-

ный реестр селекционных достижений по пятому региону, используется в хозяйствах Воронежской и Липецкой областей. Сорт Алексия проходит Государственное испытание.

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе при преподавании следующих дисциплин: «Селекция и семеноводство», «Сельскохозяйственная биотехнология», «Компьютерное обеспечение селекционного процесса», «Математические методы в селекции и генетике» на факультете агрономии, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

Методология и методы исследований. Научная методология основывается на системном подходе к изучаемой проблеме и комплексном рассмотрении процесса селекции озимой пшеницы. В исследованиях использованы методы: эмпирические – наблюдение, описание, измерение и др.; теоретические – формализация, аксиоматизация и др.; общенаучные – анализ, синтез, обобщение, классификация и др. Полевые и лабораторные опыты проводились по общепринятым методикам.

Основные защищаемые положения:

1. Научное обоснование морфо-биологических критериев для отбора и оценки зимостойких высокопродуктивных генотипов озимой пшеницы для создания сортов, адаптированных к условиям Центрального Черноземья.

2. Принцип подбора родительских компонентов для гибридизации на основе их морфо-биологической отдалённости с использованием метода *k*-средних для её оценки, обеспечивающий получение разнокачественного селекционного материала.

3. Методы оценки показателей экологических свойств сортообразцов озимой пшеницы, позволяющие проводить отбор исходного и селекционного материала при селекции на адаптивность.

4. Параметры эмбриокультуры для получения жизнеспособных растений озимой мягкой пшеницы и внутривидовых гибридов методом прямой регенерации *in vitro*, позволяющие сохранять и размножать ценный селекционный материал.

5. Установленные особенности формирования продуктивности, позволившие создать высокопродуктивные сорта озимой мягкой пшеницы, устойчивые к абиотическим факторам среды.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследований подтверждена данными 27-летних исследований, значительным объёмом экспериментальных данных. Опыты проводили по общепринятым методикам, ежегодно принимались методической комиссией ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ с отличными оценками. Выводы подтверждены созданным ценным селекционным материалом, внедрённым в селекционный процесс в Воронежском ГАУ, результатами статистических методов анализа.

Материалы исследований докладывались автором на научных и учебно-методических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных работников ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (1996-2017 гг.); VII международной конференции «Математика, компьютер, образование» (г. Дубна, 23-30 января 1999 г.); 2-м съезде Вавиловского об-ва генетиков и селекционеров (Санкт-Петербург, 2000); 8-й международной конференции «Математика. Компьютер. Образование» (г. Пущино, 31 января-4 февраля 2001 г.); международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.Ф. Лейсле, «Биологические аспекты развития растений» (Воронеж, 2001 г.); 10-й международной конференции «Математика. Компьютер. Образование» (г. Пущино, 20-25 января 2003 г.); 11-й международной конференции «Математика. Компьютер. Образование» (г. Дубна, 26-31 января 2004 г.); 3-й Всероссийской дистанционной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса России» (пос. Персиановский, ДонГАУ, 2005 г.); XIII Всероссийской научно-практической конференции «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур» (г. Пенза, февраль 2009 г.); заседании совета по земледелию Центрально-Черноземной зоны Отделения земледелия Россельхозакадемии «Научно-практические основы энерго- и ресурсосбережения в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья» (Каменная Степь, 27-28 мая 2010 г.); Всероссийской научно-практической конференции и заседании совета по земледелию Центрально-Чернозёмной зоны Отделения земледелия Россельхозакадемии (Каменная Степь, 15 июня 2011 г.); XI меж-

дународной научно-практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы» (г. Воронеж, 26 апреля 2013 г.); национальной заочной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агротехнологий XXI века и концепции их устойчивого развития» (Воронеж, 6-7 апреля 2016г.).

Личное участие соискателя в получении результатов исследований, изложенных в диссертации. Автор диссертационной работы принимала непосредственное участие на всех этапах проведения исследований: разработке программы и схемы проведения исследований, планировании и проведении экспериментов, составлении схем скрещиваний, анализе и обобщении полученных результатов, их статистической обработке, формулировке выводов, подготовке публикаций по теме исследований, оформлении диссертационной работы. Доля авторского участия в исследованиях более 90%.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 50 печатных работ, из них 13 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получены 1 авторское свидетельство и 1 патент на созданное селекционное достижение, подана 1 заявка на патент. Общее число научно-методических работ – 108.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 496 страницах машинописного текста и состоит из двух томов. Том I изложен на 326 страницах. Состоит из введения, 6 глав, выводов, рекомендаций для селекционной практики и сельскохозяйственного производства, списка литературы, включающего 431 наименование, в том числе 91 на иностранном языке. Текст диссертации содержит 85 таблиц, 73 рисунка. Том II изложен на 170 страницах, включает пять приложений (А,Б,В,Г,Д) и состоит из 116 таблиц и документов, подтверждающих внедрение результатов исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа проведена в рамках выполнения научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ раздел 3.1. «Разработать новые методы получения исходного материала озимой пшеницы и суданской травы и создать высокопродуктивные сорта и гибриды, устойчивые в экстремальных условиях среды» с

1989 по 2016 г., тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2011 г. по теме «Выведение новых сортов тритикале и пшеницы, устойчивых к отрицательному воздействию биотических и абиотических факторов среды», в 2012 г. по теме «Разработка методов биотехнологии в селекции растений».

Агротехника в полевых опытах – общепринятая для ЦЧР. Предшественник – чистый пар, норма высева – 5 млн шт. всхожих семян на 1 га. Закладку опытов, учеты и наблюдения, лабораторно-сноповой анализ растений проводили по методическим указаниям ВИР (Градчанинова О.Д., 1985), Госсортоиспытания (Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1983) и Посыпанова Г.С. (1991). Учётная площадь делянок коллекционного питомника, селекционного питомника 2-го года – 2 м², контрольного питомника 1-го года – 4 м², контрольного питомника 2-го года – 10 м², питомника конкурсного сортоиспытания – 25-50 м². Размещение делянок в коллекционном, гибридном и селекционном питомниках рандомизированное без повторений, в контрольном – систематическое в трёхкратной повторности, в питомнике конкурсного сортоиспытания – систематическое в четырёхкратной повторности. Селекционные номера высевали в оптимальные для лесостепи ЦЧР сроки – начале сентября. Учёт урожайности зерна осуществляли весовым способом после приведения к 100% чистоте и базисной влажности.

Материалом для исследований послужили данные структуры урожая сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения селекционных питомников, а также результатов полевых и лабораторных учётов и наблюдений. Опыты по изучению влияния кушения на продуктивность и её элементы проводили в 1989-1990 гг., 1990-1991 гг., 1992-1993 гг. – в северной части лесостепной зоны (г. Воронеж), в 1991-1992 гг. – в центральной части лесостепной зоны (Таловский район Воронежской области) и степной зоне (Кантемировский район Воронежской области). Посев осуществляли на однорядковых делянках длиной 1 м в 6-кратной повторности с равномерным размещением семян вдоль рядка. Объем выборки – 30 растений.

Зимостойкость сортообразцов и форму куста оценивали глазомерно в полевых условиях по 9-балльной шкале согласно методическим указаниям ВИР (Градчанинова О.Д., 1985); Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum*, 1989). Отбор растительных проб для морфологического анализа и их анализ проводили по Ф.М. Куперман (1962). Объектом исследований служили 50 сортообразцов различного эколого-географического происхождения, объём выборки – 20-25 растений.

Опыты по оценке влияния площади листьев на продуктивность и её элементы проводили в 2001-2016 гг. Объектом исследований в разные годы служили от 10 до 25 сортообразцов. Площадь листьев определяли по методике В. А. Кумакова (1984). Объём выборки 30-50 побегов растений озимой пшеницы, отмеченных этикетками. Крупность зёрен оценивали путём взвешивания 20 зёрен каждого колоса с последующим пересчетом на массу 10 шт.

Оценку сопряжённости продуктивности с её элементами проводили по результатам структуры урожая 100-200 сортообразцов и гибридов озимой мягкой пшеницы коллекционного и селекционного питомников. В числе анализируемых были такие признаки, как: высота растения (ВР), длина колоса (ДК), общее число колосков в колосе (КЛСК), число продуктивных колосков (КЛСК Р), число непродуктивных колосков (КЛСК Н), число зёрен в колосе (ЧЗК), масса зерна с колоса (МЗК), масса 10 зёрен колоса (М 10).

Статистический анализ данных осуществляли с помощью пакета Statistica 6.1. (Халафян А. А., 2010). Сопряжённость признаков оценивали методом корреляционного и регрессионного анализа, используя коэффициент парной корреляции Спирмена и частной корреляции. Качественную оценку тесноты связи проводили по шкале Чеддока (Chaddock R.E., 1925). Вклад факторных признаков в результативный оценивали с помощью стандартизованного коэффициента *Beta* (β). Классификацию сортообразцов проводили методом кластерного анализа (метод k-средних). Функцию классификации определяли методом дискриминантного анализа, выбирая такое количество кластеров, чтобы распределение объектов по ним было не менее 98%.

Исследования по разработке параметров эмбриокультуры проведены в 2012-2013 гг., 2015-2016 гг. при творческом сотрудни-

честве с отделом биотехнологии ФГБНУ ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Объект исследований – зерновки разного возраста сортов озимой пшеницы Алая Заря, Одесская 267 и реципрокных гибридов. В исследованиях использовали общепринятую технику приготовления и стерилизации питательных сред (Бутенко Р. Г., 1999).

Экологическую пластичность (bi) и стабильность (S_2) сортов оценивали по методике Eberhart и Russell (1966) в изложении З.В. Пакудина и Л.М. Лопатиной (1984); показатели α и λ рассчитывали по Таі (1971) в изложении З.В. Пакудина и Л.М. Лопатиной (1984); показатель экваленты (Wi) – по С. Wricke (1962) в изложении Э.Г. Иванченко (1978); коэффициент мультипликативности (КМ) – по В.А. Драгавцеву (1983); коэффициент вариации (CV_i) – по Б.А. Доспехову (1985); показатель гомеостатичности (Hom_i) и селекционной ценности (Sc) – по В.В. Хангильдину (1977); коэффициент регрессии (R_i) – по методу главной оси в изложении А.А. Конюс (1950); комплексный показатель уровня и стабильности урожайности сортов (ПУСС) определяли согласно методике, предложенной Э.Д. Неттевичем с сотрудниками (1985). Анализ структуры продуктивности проводили по 11 морфологическим признакам: кустистость общая и продуктивная, высота растения, длина главного колоса, число зёрен главного, боковых колосьев и растения, масса зёрен главного, колосьев побегов кущения и растения, масса 1000 зёрен. Объём выборки – 30-50 растений.

ГЛАВА 2. МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ – КРИТЕРИИ ЗИМОСТОЙКОСТИ

При сопоставлении динамики длины конуса нарастания сортообразцов озимой пшеницы с их зимостойкостью нами не было установлено тесной сопряжённости между этими признаками. Так, в 2000/2001 г. у форм, перезимовка которых составила 100%, длина конуса нарастания изменялась от 0,27 мм у сортообразца GRC 79 до 0,46 мм у образца Кольшенка (Таблица 1).

В то же время в 2001/2002 г., когда изучаемые генотипы значительно различались по зимостойкости (от 0,5 балла у GRC 79 до 6,5 балла у Лютесценс 88), различия по длине конуса были незначительными (0,41-0,49 мм).

Таблица 1. Зимостойкость и длина конусов нарастания
сортообразцов озимой мягкой пшеницы, 2000-2003 гг.

Сортообразец	Длина конуса нарастания, мм			Зимостойкость, балл		
	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2000/ 2001 г.	2001/ 2002 г.	2002/ 2003 г.
Florida	0,42	0,41	0,33	6,5	5,0	0,0
GRC 79	0,27	0,43	0,41	9,0	0,5	0,0
Арбатка	0,40	0,42	0,36	7,5	1,5	7,0
Багратионовская	0,48	0,44	0,32	8,5	3,0	8,5
Белгородская 12	0,46	0,47	0,48	8,5	2,5	4,0
Веселка	0,43	0,42	0,35	7,5	5,0	4,0
Волжская 16	0,42	0,43	0,37	8,5	5,0	7,5
Колышенка	0,46	0,41	0,34	9,0	4,5	7,5
Московская 39	0,32	0,47	0,38	9,0	3,5	4,0
Лютесценс 88	0,42	0,44	0,46	8,5	6,5	3,5
Малахит	0,42	0,49	0,42	8,5	6,0	7,5
Прикумская 115	0,51	0,43	0,37	8,0	6,0	5,0

Аналогичная тенденция отмечена и в 2002/2003 г. – сортообразцы с равной величиной конуса (например, Florida и Багратионовская; Веселка и Колышенка; GRC 79 и Малахит) характеризовались разными показателями зимостойкости. Такая же ситуация наблюдалась при изучении другого сорта в 2000-2005 гг.

Достоверная обратная связь между длиной конуса нарастания и зимостойкостью отмечена только в 2002/2003 г. ($r_{\text{ч}} = -0,72$), что затрудняет использование только этого показателя в качестве надежного критерия для отбора зимостойких форм. Можно констатировать только тот факт, что при длине конуса нарастания более 0,5 мм у большинства сортообразцов происходит резкое снижение зимостойкости, поскольку такое увеличение точек роста характерно для начала III этапа органогенеза. Однако наличие положительной связи длины конуса нарастания с такими элементами продуктивности, как длина колоса ($r_{\text{с}} = 0,01-0,35$), число продуктивных колосков ($r_{\text{с}} = 0,04-0,37$) и зёрен ($r_{\text{с}} = 0,00-0,35$) в колосе, свидетельствует о риске снижения продуктивности при отборе форм с небольшой длиной конуса нарастания. Кроме того, растения с конусом более 0,30 мм, характеризуются большим

числом продуктивных колосков (более 13 шт.) и зёрен (более 24 шт.) в колосе.

В годы со сложными гидротермическими условиями зимнего периода (2001/2002 г. и 2002/2003 г.) высокая зимостойкость была отмечена, в основном, у сортообразцов с поникающей и развалистой формой куста (Рисунок 1).

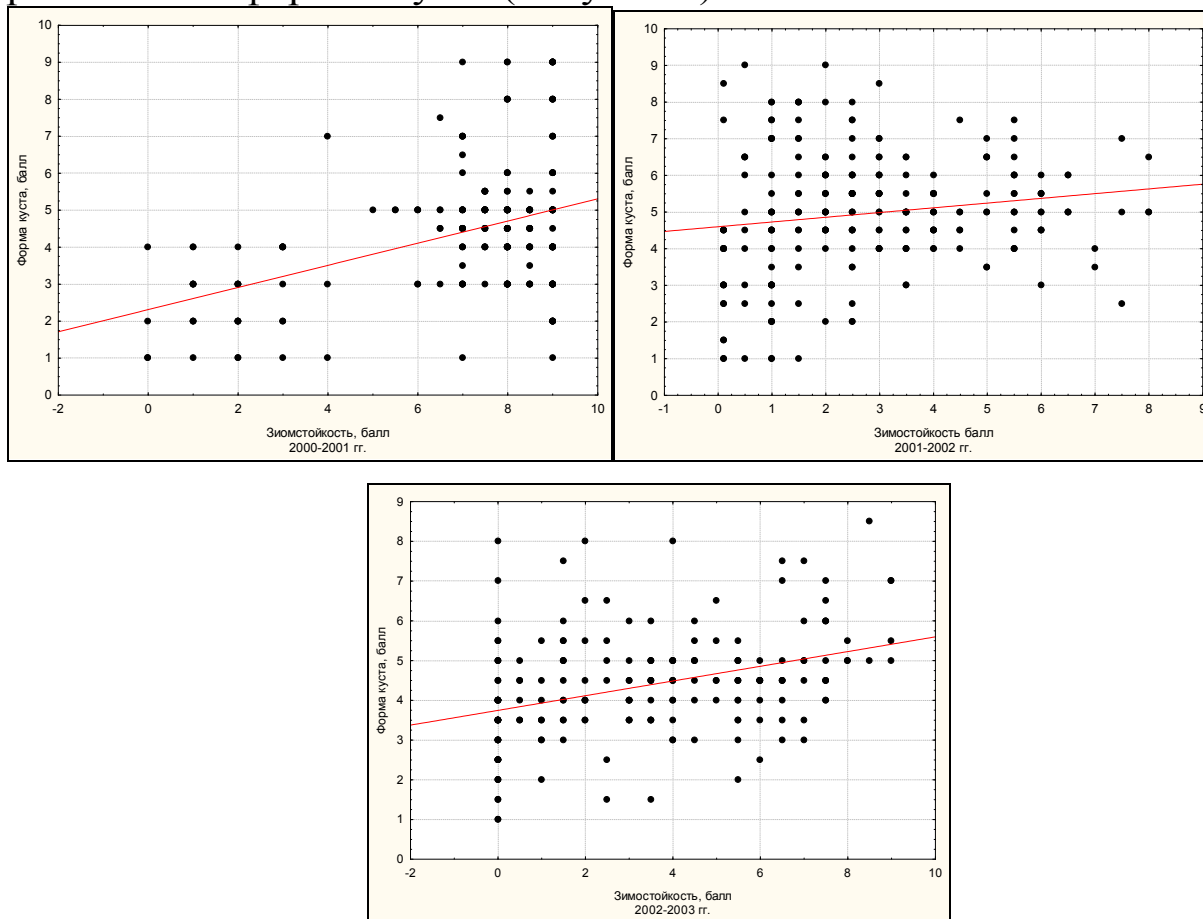


Рисунок 1. Зимостойкость сортообразцов озимой пшеницы с разной формой куста

В результате анализа 75 сортообразцов озимой пшеницы по результатам исследований в 2000-2003 гг. было установлено, что растения с прямостоячей формой куста характеризовались большим размером конуса нарастания (в среднем 0,57 мм) в сравнении с растениями других форм, величина точки роста которых изменялась от 0,43 мм у растений с прямостоячей формой до 0,37 мм – со стелющейся. В связи с этим при селекции на зимостойкость предпочтение следует отдавать растениям с поникающей и развалистой формой куста, поскольку вероятность существования высокопродуктивных зимостойких форм среди этих образцов существенно выше.

Проведённые исследования позволили нам установить, что число побегов и масса растений озимой пшеницы не могут служить критериями при отборе зимостойких форм из-за наличия разнонаправленной корреляции этих показателей с зимостойкостью у изучаемых генотипов. Кроме того, признак «масса растения» характеризуется высокой фенотипической изменчивостью, а число побегов зависит не только от условий вегетации, но и от физиологических особенностей сортообразцов озимой пшеницы, что затрудняет определение оптимальной величины этих признаков, даже применительно к определённым экологическим условиям.

ГЛАВА 3. РОЛЬ ЛИСТЬЕВ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В ходе исследований было установлено, что сортообразцы разных групп спелости достоверно различались, в основном, по ширине флагового листа, причем большей шириной характеризовались, как правило, позднеспелые генотипы. Различия между скоро- и позднеспелыми образцами наблюдались ежегодно. Среднеспелые формы, в зависимости от условий года, приближались к параметрам либо скороспелых, либо позднеспелых форм. По данным дисперсионного анализа установлено, что наибольшее влияние на изменчивость ширины флагового листа оказывает фактор «генотип», а длины – фактор «год», что позволяет считать ширину листа у озимой пшеницы сортовым признаком. При этом растения сортообразцов, относящиеся к разновидности *lutescens*, превосходили остистые как по длине флагового листа, так и по площади, а в 2001 и 2003 гг. и по его ширине. Несмотря на меньшую площадь флагового листа, сортообразцы разновидности *erythrospertum* были более продуктивными за счёт большей озернённости колоса. При этом они не уступали по массе 1000 зёрен безостым формам, а в 2002 г. даже превосходили их.

Расчёт коэффициентов корреляции по данным структурного анализа растений, площадь листьев которых измерялась в полевых условиях, показал наличие положительной связи длины флагового листа с длиной (от $r_s=0,17$ у Pagode до $0,50$ у Nord 99314/128) и массой колоса (от $r_s=0,14$ у Pagode до $r=0,51$ у Волж-

ской 100); ширины листа – с числом продуктивных колосков (от $r_s=0,16$ у образца Доминанта до $r_s=0,46$ у Остистой Белогорья), зёрен (от $r_s=0,13$ у сорта Доминанта до $r_s=0,43$ у Nord 99314/128) с их массой (от $r_s=0,25$ у образцов Pagode и Доминанты до $r_s=0,46$ у сорта Августа) у всех изученных образцов.

При анализе кластеров растений, полученных в результате их группировки по ширине флагового листа, было установлено, что при её увеличении происходит увеличение таких показателей, как длина колоса, число продуктивных колосков, число и масса зёрен в колосе при одновременном снижении высоты растения, числа непродуктивных колосков и массы 1000 зёрен (Таблица 2).

Таблица 2. Элементы продуктивности растений озимой пшеницы в зависимости от ширины флагового листа

Показатели	Номер кластера		
	1	2	3
Ширина флагового листа, см	1,17	1,45	1,73
Длина флагового листа, см	16,7	18,7	20,0
Высота растения, см	78,9	76,4	70,4
Длина главного колоса, см	8,3	8,8	9,3
Число колосков в колосе, шт.	16,2	17,2	18,0
Число непродуктивных колосков в колосе, шт.	1,34	1,11	0,87
Число продуктивных колосков в колосе, шт.	14,9	16,1	17,2
Число зёрен в колосе, шт.	36,4	41,3	45,8
Масса зерна колоса, г	1,50	1,71	1,85
Масса 1000 зёрен, г	51,0	51,0	40,0

Результаты биометрического анализа растений свидетельствуют, что сортообразцы Pagode, Mulan, Августа и Остистая Белогорья формировали крупное зерно в годы с минимальными значениями площади листовой поверхности. В эти же годы сорта Августа и Остистая Белогорья характеризовались высокой озернённостью и продуктивностью колоса.

Было отмечено, что у сортообразцов западноевропейского экотипа (Nord 99314/128 и ww3734) при увеличении площади листьев до 65-67 см² происходит снижение продуктивности колоса за счёт уменьшения озернённости, а у Nord 99314/128 – и крупности зерна. Независимо от площади листьев, которая изменялась

от 55,9 см² в 2010 г. до 38 см² в 2011 г., число зёрен в колосе сортообразца Mulan было практически одинаковым (45 шт. в 2011 г. и 40,5 шт. в 2012 г.). Сорт Волжская 100 характеризовался достаточно стабильными показателями площади листьев (28,2-36,8 см²), в то время как продуктивность его колосьев изменялась от 1,4 г в 2012 г. до 2,6 г – в 2009 г. Несмотря на небольшую листовую поверхность растения этого сорта ежегодно формировали хорошо озернённые (35-45 шт.) колосья с крупным зерном (масса 1000 зёрен – 39-61 г). Независимо от размера листьев сортообразец Nord 99314/128 имел практически одинаковые значения массы 10 зёрен (от 0,36 г в 2015 г. до 0,39 г – в 2011 г.).

Практический интерес представляет сравнительный анализ данных за 2009 и 2015 гг., поскольку большинство изучаемых генотипов в 2009 г. характеризовались минимальными показателями площади листовой поверхности, а в 2015 г. – максимальными. В 2015 г. почти у всех сортообразцов (кроме Августы) было отмечено значительное увеличение числа непродуктивных колосков, а количество продуктивных уменьшилось (кроме сортов Августа и Одесская 267), что привело к снижению озернённости и продуктивности колосьев (Таблица 3).

Таблица 3. Площадь листьев и элементы продуктивности образцов озимой мягкой пшеницы

Сортообразец	Год	Площадь листьев, см ²	Высота растения, см	Длина колоса, см	Число в колосе, шт.				Масса зёрен, г	
					колосков			зёрен	в колосе	10 шт.
					все-го	непродуктивных	продуктивных			
Оренбургская 271	2009.	20,4	85,7	8,9	16,0	1,1	14,9	36,8	1,76	0,47
	2015	63,8	101,4	9,1	15,4	2,2	13,1	31,5	1,14	0,37
Августа	2009	34,1	71,0	7,5	15,6	1,8	13,8	40,0	1,83	0,50
	2015	57,4	77,6	11,4	15,0	1,8	13,3	32,2	1,28	0,39
Одесская 267	2009	28,3	79,6	6,6	15,5	0,6	14,9	39,6	1,90	0,50
	2015	70,3	94,8	9,4	18,0	2,4	15,6	44,0	1,84	0,44
Остистая Белогорья	2009	36,0	75,3	8,9	15,8	1,0	14,8	40,2	2,16	0,55
	2015	52,7	101,3	7,9	14,8	2,6	12,2	30,1	1,16	0,39
Воскрис	2009	51,3	71,4	8,6	16,7	0,5	16,2	43,5	2,02	0,46
	2015	52,6	94,0	8,7	14,7	1,5	13,2	36,2	1,34	0,37
ww 3734	2009	50,9	71,9	8,3	16,6	0,2	16,4	53,2	2,38	0,48
	2015	65,7	97,0	10,3	15,9	2,5	13,4	37,9	1,51	0,40

Практически у всех сортообразцов ежегодно наблюдалась положительная связь площади листовой поверхности с числом продуктивных колосков в колосе ($r_{\text{ч}}=0,23-0,70$), зёрен ($r_{\text{ч}}=0,10-0,78$) и массой зерна колоса ($r_{\text{ч}}=0,1-0,83$) и отрицательная с числом непродуктивных колосков ($r_{\text{ч}}= -0,12...-0,69$), но величина коэффициентов корреляции и их достоверность изменялись в зависимости от условий года. Тенденция увеличения крупности зерна у растений с большей площадью листьев была отмечена только в 2010 и 2012 гг. (Рисунок 2).

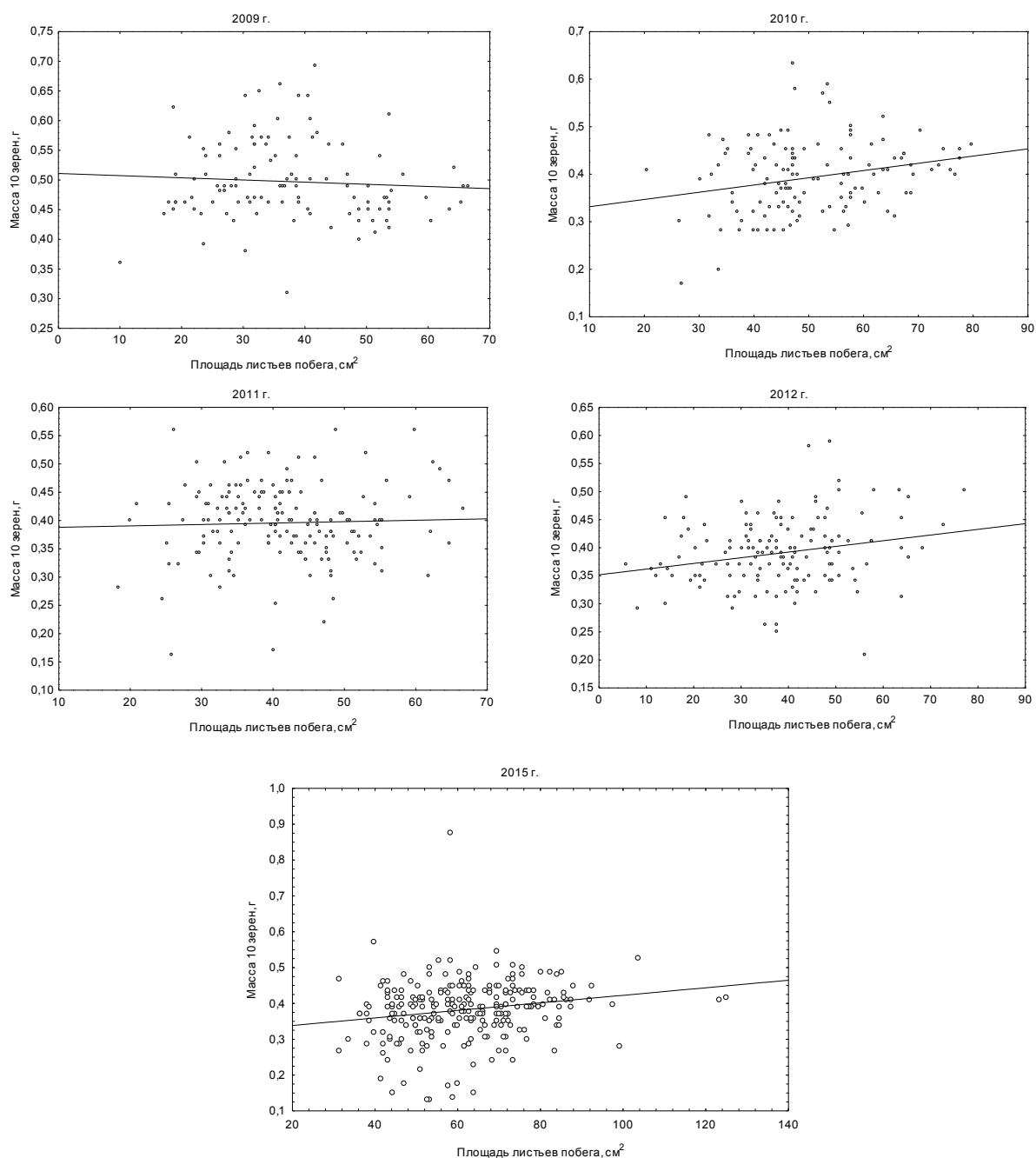


Рисунок 2. Диаграмма разброса значений массы 10 зёрен и площади листьев озимой пшеницы, 2009-2015 гг.

В результате анализа биометрических показателей растений озимой пшеницы было установлено, что формирование высокопродуктивных колосьев возможно при разных уровнях развития вегетативной сферы растений. Следовательно, продуктивность колоса зависит не столько от площади листового аппарата растений, сколько от эффективности его фотосинтетической деятельности.

В связи с этим оценку и отбор генотипов по эффективности фотосинтетической деятельности флагового листа мы предлагаем проводить по разработанным нами коэффициентам: число (ЗФЛ) и масса зерна с колоса (МЗФЛ) в расчете на 1 см^2 флагового листа; число (КЭФ ЧЗ) и масса зерна колоса (КЭФ МЗ) в расчёте на 1 см^2 листовой поверхности. По нашему мнению, при создании засухоустойчивых сортов предпочтение следует отдавать формам с небольшой площадью листовой поверхности и высокими показателями предложенных нами коэффициентов, с помощью которых нам удалось отобрать селекционные образцы, характеризующиеся небольшими размерами флаговых листьев, высокой продуктивностью, хорошим развитием колосков в колосе и крупным зерном (Ephoros \times (Л 10/96-к \times Мироновская 808), Mulan \times Мироновская 808, Безенчукская 380 \times CADET, Московская 56 \times Нана).

ГЛАВА 4. СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЕЁ ЭЛЕМЕНТОВ

Продуктивность растений озимой пшеницы формируется за счёт главного и боковых колосьев. При оценке влияния кущения на продуктивность озимой пшеницы и её элементы в своих исследованиях мы использовали такие показатели, как общее число побегов кущения, число продуктивных и непродуктивных побегов кущения.

По нашим данным, вклад колоса главного побега в продуктивность растения составил, в среднем по годам исследований, от 35,2 до 51,1%. В колосьях побегов кущения формировалось в 1,5-2 раза меньше зёрен, масса 1000 штук которых, как правило, была меньше по сравнению с колосом главного побега. Однако у некоторых сортов (Принеманская, Московская низкорослая, Харьковская 33, Ивановская 16) различия по массе 1000 зёрен между главными и побегами кущения были несущественными.

При увеличении числа побегов кущения (продуктивных и непродуктивных) отмечена тенденция повышения озернённости и продуктивности колосьев главного (соответственно $r_q = 0,054-0,344$ и $r_q = 0,033-0,355$) и побегов кущения (соответственно $r_q = 0,128-0,452$ и $r_q = 0,128-0,452$) и снижения массы 1000 зёрен побегов кущения ($r_q = -0,079 \dots -0,410$). В отношении массы 1000 зёрен колоса главного побега связь у разных сортов изменялась от отрицательной до положительной ($r_q = -0,272-0,231$).

Расчёт коэффициентов частной корреляции между продуктивностью растений озимой пшеницы, ее элементами и числом только продуктивных побегов кущения свидетельствует о наличии другой тенденции. Так, при увеличении числа продуктивных побегов отмечается некоторое снижение озернённости ($r_q = -0,079 \dots -0,410$) и продуктивности главного колоса ($r_q = -0,079 \dots -0,410$). Практически отсутствовала положительная сопряжённость с продуктивностью колосьев побегов кущения ($r_q = -0,033-0,132$) и почти у всех сортов (за исключением Ивановская 16 и Одесская 117) усилилась обратная связь с массой 1000 зёрен побегов кущения ($r_q = -0,239 \dots -0,448$).

Это объясняется влиянием на сопряжённость признаков непродуктивных побегов кущения, которые у всех сортов оказывали положительное влияние на озернённость ($r_q = 0,118-0,442$) и продуктивность колоса главного ($r_q = 0,127-0,555$) и побегов кущения ($r_q = 0,035-0,448$). При этом обратная связь числа непродуктивных побегов с массой 1000 зёрен побегов всех типов практически отсутствовала. Только в 1991 г. наличие непродуктивных побегов кущения негативно сказалось практически на всех элементах продуктивности. В остальные годы наблюдений растения с непродуктивными побегами кущения характеризовались более высокими показателями продуктивности и её элементов (Таблица 4).

У большинства сортообразцов ежегодно отмечалась положительная связь высоты растений с длиной колоса ($r_q = 0,14-0,88$), числом ($r_q = 0,12-0,78$) и массой ($r_q = 0,18-0,84$) зёрен колоса. При этом скрещивание генотипов с разной сопряжённостью высоты растений с продуктивностью и её элементами позволяет создавать гибриды, у которых отсутствует положительная связь высоты растения с продуктивностью и её элементами.

Таблица 4. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от морфологической структуры растений

Год	Число побегов продуктивных /непродуктивных	Число зёрен в колосе, шт.				Масса зерна, г					
		побега		с колосьев побегов кущения	с растения	с колоса побега		с колосьев побегов кущения	с растения	1000 зёрен побега	
		главного	кущения			главного	кущения			главного	кущения
1990	1/0	41,0	14,7	31,2	72,2	1,42	0,43	0,90	2,32	34,2	29,6
	1/1	44,1	14,8	29,6	73,7	1,67	0,47	0,94	2,61	38,3	34,6
	1/2	41,4	17,9	35,7	77,1	1,24	0,62	1,24	2,49	29,2	39,3
1993	1/0	29,7	11,8	23,6	53,4	1,25	0,48	0,96	2,21	41,6	41,0
	1/1	31,6	12,8	25,7	57,4	1,32	0,53	1,06	2,39	41,6	40,6
	1/2	31,6	13,1	26,2	57,8	1,39	0,56	1,13	2,52	43,9	41,9
1990	2/0	36,7	15,7	47,1	83,8	1,09	0,44	1,32	2,4	30,0	28,0
	2/1	40,2	18,9	56,8	97,0	1,34	0,49	1,48	2,8	33,8	25,3
	2/2	40,6	18,1	54,3	94,9	1,57	0,41	1,22	2,8	37,2	22,7
1991	2/0	41,2	20,5	61,5	102,3	1,42	0,63	1,90	3,3	34,9	30,8
	2/1	38,6	17,5	53,7	92,0	1,33	0,47	1,43	2,8	35,7	27,7
	2/2	34,8	18,3	55,0	89,8	0,93	0,45	1,35	2,3	26,6	25,1
1993	2/0	29,3	13,6	40,8	70,0	1,24	0,52	1,55	2,8	42,0	37,5
	2/1	31,5	14,8	44,5	76,0	1,32	0,58	1,75	3,1	41,7	38,8
	2/2	33,6	15,6	46,8	79,9	1,40	0,62	1,87	3,3	41,3	38,9
1990	3/0	38,2	16,3	64,9	103,2	1,09	0,40	1,61	2,7	30,7	24,8
	3/1	35,9	16,3	65,2	101,1	1,04	0,46	1,84	2,9	30,0	27,8
	3/2	42,0	18,7	74,7	116,7	1,26	0,44	1,76	3,0	29,9	23,5
1991	3/0	39,0	20,2	82,2	121,3	1,27	0,60	2,44	3,7	32,4	30,0
	3/1	39,5	21,7	86,6	125,8	1,49	0,69	2,78	4,3	37,9	31,7
	3/2	36,9	18,5	74,1	111,0	1,25	0,53	2,11	3,4	35,5	29,5
1993	3/0	30,5	15,5	61,8	92,3	1,32	0,61	2,43	3,8	42,6	38,8
	3/1	34,3	16,6	66,3	100,6	1,37	0,59	2,34	3,7	39,4	35,2

Это даёт возможность создавать высокопродуктивные, устойчивые к полеганию сорта озимой пшеницы оптимальной высоты (80-100 см) для условий Центрального Черноземья. Гибридные популяции, полученные от скрещивания форм, различающихся по высоте растений, характеризуются большим полиморфизмом, что является необходимым условием для создания

новых биотипов, а вероятность возникновения положительной трансгрессии по высоте растений у них намного ниже по сравнению с популяциями, получаемыми от скрещивания растений, не различающихся по высоте.

Наличие у всех изучаемых в разные годы сортообразцов и гибридов достоверной положительной связи длины колоса с числом продуктивных колосков ($r_q=0,44-0,74$), числом ($r_q=0,18-0,61$) и массой зёрен ($r_q=0,15-0,54$) даёт основание считать длину колоса надёжным критерием при отборе высокопродуктивных генотипов.

Растения с длинным колосом (более 10 см) характеризуются большей продуктивностью за счёт увеличения числа продуктивных колосков и зёрен, при одновременном снижении количества непродуктивных колосков. При скрещивании генотипов с разной длиной колоса высока вероятность возникновения положительной трансгрессии. Отбор растений по длине колоса мы использовали при создании высокопродуктивных сортов Алая Заря (включен в Государственный реестр селекционных достижений по пятому региону) и Алексия, который проходит Государственное сортоиспытание. Нами установлено, что в условиях ЦЧР продуктивность озимой пшеницы определяется, главным образом, двумя элементами – числом зёрен в колосе и их крупностью, причём связь между этими элементами у большинства изучаемых сортообразцов положительная ($r_q=0,25-0,96$) (отрицательная связь между этими признаками отмечалась только у образцов Рятза, Волгоградская 84, Тенор, Зихтус в 2008 г. и Одесская 160, Белгородский НИИСХ – 1, Арчединская 1 в 2009 г.).

Методом множественного регрессионного анализа было установлено три способа формирования продуктивности у изучаемых сортообразцов. Первый способ связан с влиянием числа зёрен в колосе (коэффициент Beta числа зёрен равен 0,8-0,9, коэффициент Beta массы 1000 зёрен равен 0,1-0,2); второй – с равнозначным вкладом числа и массы 1000 зёрен (коэффициент Beta массы 1000 зёрен и числа зёрен имеют равные значения – около 0,5). Способ формирования продуктивности у третьей группы сортообразцов зависит от условий вегетации. Проводя скрещивание между генотипами разных групп, можно создавать гибриды с различным механизмом формирования продуктивности. Так, у гибридов Росинка×Нана, Нана×Росинка, Дон 93×494J6.11, Оренбургская

105×Волгоградская 84, Рятза × Белгородский НИИСХ-1 вклад в продуктивность её элементов практически не зависел от условий вегетации. Эти гибриды можно использовать в качестве исходного материала при создании стабильных сортов озимой пшеницы для условий ЦЧР. У гибридных комбинаций Одесская 200×Черноземка 99, Доминанта×Оренбургская 14, Волжская СЗ×Тенор, Волжская СЗ×618-3 под влиянием условий вегетации происходило изменение величины коэффициентов Beta. Эти гибриды целесообразно использовать при создании отзывчивых сортов.

По характеру развития растений в засушливых условиях весенне-летнего периода в ЦЧР нами было выделено три биотипа озимой пшеницы. Растения первого биотипа характеризуются быстрым развитием в весенний период, благодаря чему они успевают формировать генеративные органы до наступления засушливых условий. Для растений второго биотипа характерен замедленный темп развития с начала весны. К этому биотипу относятся, в основном, сортообразцы западноевропейского экотипа. Третий биотип занимает промежуточное положение. Результаты наших исследований показали, что весеннюю засуху в условиях региона хорошо переносят не только скороспелые сорта первого биотипа, но и сортообразцы второго биотипа, у которых процесс формирования элементов продуктивности приходится на более поздний весенний период. В связи с этим мы считаем, что для создания засухоустойчивых сортов озимой пшеницы для условий ЦЧР в качестве исходного материала целесообразно использование не только сортообразцов первого биотипа, но и формы с замедленным весенним развитием (второго биотипа), а наличие в хозяйстве сортов с разными темпами весеннего развития позволит получать гарантированный урожай зерна.

Подбор родительских компонентов для скрещиваний – важный и ответственный этап селекционной работы, во многом определяющий её успех. Как показали наши исследования, большим полиморфизмом, появлением благоприятных трансгрессий характеризуются гибриды озимой пшеницы, родительские формы которых подбираются по принципу их морфо-биологической разнокачественности, оценку которой мы рекомендуем проводить с помощью метода k-средних (кластерный анализ) без огра-

ничения числа групп. При этом значимое влияние на группировку сортообразцов оказывают только три признака – длина периода всходы-колошение, высота растения и масса 1000 зёрен, а значение лямбды Уилкса, равное 0,0074, свидетельствует о хорошей дискриминации. Апробированный нами метод k-средних в качестве способа оценки морфо-биологической разнокачественности сортообразцов озимой пшеницы упрощает подбор родительских компонентов при гибридизации с точки зрения их отдалённости и позволяет создавать гибриды, которые в условиях ЦЧР характеризуются высокой продуктивностью, зимостойкостью, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Определённые методом дисперсионного анализа селекционно значимые признаки («ширина флагового листа», «число продуктивных колосков» и «масса 1000 зёрен»), изменчивость которых характеризуется большим вкладом фактора «генотип», мы использовали для оценки и отбора селекционного материала. Изменчивость признаков: «длина конуса нарастания в период осенней вегетации», «число побегов» и «масса растения в конце периода осенней вегетации», «длина и площадь листьев», «число побегов кущения» (продуктивных и непродуктивных), «длина колоса», «число непродуктивных колосков», «число зерен в колосе», «индекс аттракции» связана с преобладающим влиянием условий вегетации, что ограничивает возможность их использования для оценки селекционного материала.

В ходе исследований было установлено, что причинами искажения результатов оценки сопряжённости признаков являются влияние экологических условий и ошибки, возникающие при формировании выборочной совокупности, из-за чего в её состав могут входить разнородные объекты с разной системой корреляционных связей, что устраняется при создании однородных выборочных совокупностей путём группировки объектов, проведённой нами по динамике изменчивости результативного признака (если его варьирование обусловлено, главным образом, условиями вегетации) или по его абсолютной величине (если его изменчивость связана с преимущественным влиянием фактора «генотип»). Это позволяет получать объективную информацию о сопряжённости признаков с учетом генетических особенностей

изучаемых сортообразцов. Такой приём, первоначально разработанный нами для озимой пшеницы, мы использовали и для поиска маркёрных признаков таких культур, как кукуруза и соя (Орлянский Н.А., Зубко Д.Г., Орлянская Н.А., Голева Г.Г., 1999; Ващенко Т.Г., Буховец А.Г., Голева Г.Г., 2002).

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

На современном этапе развития селекции большое внимание уделяется оценке реакции новых сортов и исходных форм на экологические факторы. Для сравнительного анализа различных методик расчёт параметров адаптивных свойств сортов озимой пшеницы мы проводили по трём выборкам, которые различались по сортименту и годами исследований. В результате все изучаемые показатели образовали три кластера (Рисунок 3).

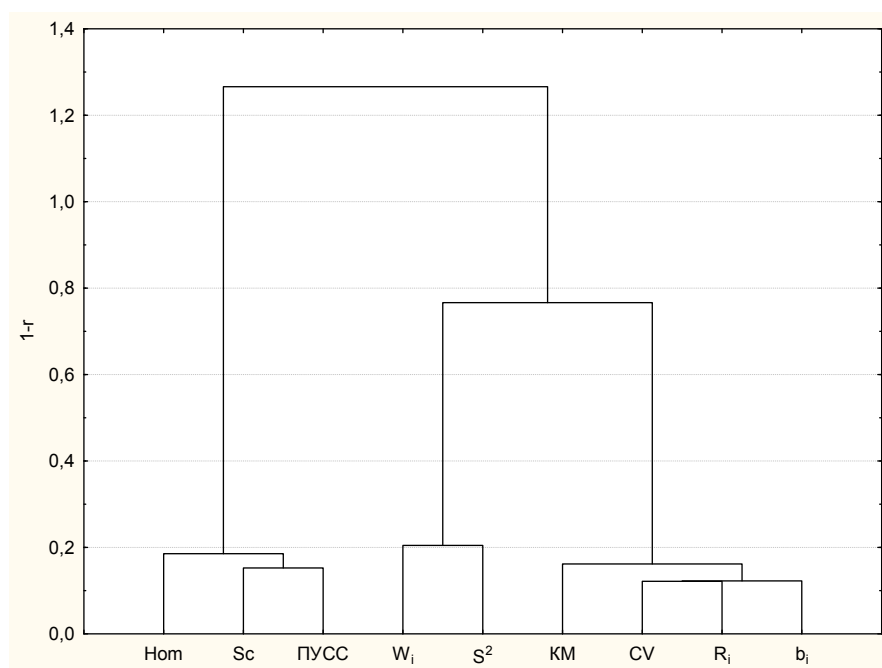


Рисунок 3. Дендрограмма распределения экологических показателей сортов озимой пшеницы

В состав первого, наиболее многочисленного кластера, вошло четыре показателя (коэффициенты мультипликативности (KM), вариации (CV_i), регрессии (b_i) (метод Eberhart S.A. и Russell W.A.) и (R_i) (метод главной оси), второго – два (эквалента (W_i) и показатель стабильности (S^2)). Наличие между этими

кластерами слабой положительной связи ($r=0,22$) свидетельствует о том, что они характеризуют две стороны одного свойства организма – отзывчивости на условия выращивания. Показатели третьего кластера (Пусс, гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc)), характеризующиеся отрицательной связью с показателями первого и второго кластеров, по нашему мнению, оценивают абсолютно другое свойство организма – его гомеостатичность, то есть способность сортов значительно повышать свою продуктивность при благоприятных условиях и поддерживать её на достаточно высоком уровне при их ухудшении.

При анализе объективности оценок отзывчивости, стабильности и гомеостатичности сортов, полученных разными методами, мы исходили из того, что результаты не должны зависеть от состава изучаемых сортов, пунктов и лет исследований. В результате было установлено, что наиболее информативными, объективными, удобными в расчёте показателями отзывчивости сортов на экологические условия являются коэффициент регрессии R_i (метод главной оси) и мультипликативности (КМ), а гомеостатичности – комплексный показатель уровня и стабильности урожайности сортов (Пусс), предложенный Э.Д. Неттевичем, и показатели гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc), разработанные В.В. Хангильдиным.

При селекции интенсивных сортов необходимо создавать генотипы с высокой отзывчивостью на условия вегетации. В ходе исследований установлено, что отзывчивость сортов озимой пшеницы на условия вегетации обусловлена массой зерна с колосьев побегов кущения ($r_{\text{ч}}=0,83$) за счёт изменчивости крупности их зёрен ($r_{\text{ч}}=0,81$), а гомеостатичность – числом продуктивных побегов ($r_{\text{ч}}=0,87$).

ГЛАВА 6. ЭМБРИОКУЛЬТУРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНЫХ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Сохранение и размножение создаваемых гибридов – одна из основных задач, стоящих перед селекционерами. Особенно актуальна она для озимых культур, которые в зимний период подвергаются жёстким условиям экологической среды. Решить эту про-

блему позволяет метод культуры *in vitro*, который широко используется в селекции сельскохозяйственных растений.

Установлено, что стерилизация зародышей озимой пшеницы 6% раствором хлорамина в течение 10 мин. с предварительным вычленением зерновок из колосковых чешуй позволяет повысить выход растений-регенерантов, в зависимости от генотипа, до 100%. Согласно нашим данным для культивирования первичных эксплантов оптимальной является питательная среда с основой по Гамборгу (B₅), что подтверждено результатами дисперсионного анализа (Таблица 5).

Таблица 5. Оценка значимости влияния состава питательной среды на выживаемость проростков озимой пшеницы

Фактор	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	789,3	1	789,3	784,6	0,00
Питательная среда	5,3	1	5,3	5,3	0,03
Error	56,3	56	1,0		
Число выживших растений					
Intercept	350,1	1	350,1	80,4	0,00
Питательная среда	39,2	1	39,2	9,0	0,00
Error	243,9	56	4,4		

Использование агарозы в составе среды Гамборга (B₅) в концентрации 7,5 мг/л способствовало двукратному увеличению числа выживших проростков озимой пшеницы и лучшему их развитию (Таблица 6).

Таблица 6. Влияние состава питательной среды на выживаемость эксплантов озимой пшеницы

Питательная среда	Введено зародышей, шт.	Количество проростков, %	
		получено	выживших
Мурасиге-Скуга (МС)	78	10,3	3,8
Гамборга B ₅	70	80,0	28,5
Гамборга B ₅ (агароза)	131	95,4	56,4

Зародыши раннего возраста (16-17-е сутки после опыления) характеризовались низкой отзывчивостью на условия культивирования *in vitro*. Только у 10% эксплантов было отмечено начало формирования растений-регенерантов, которые в дальнейшем все дегенерировали. Зародыши, вычленение которых проводили на второй подстадии третьей стадии эмбриогенеза (22-24-е сутки после опыления), характеризовались лучшей отзывчивостью на условия культивирования. Частота формирования проростков была наиболее высокой у 22-дневных зародышей (65,2%), но более высокой сохранностью характеризовались 24-дневные зародыши (33,3% против 31,5% – у 22-дневных и 0% – у 16-17-дневных). Повысить выход растений-регенерантов позволяет введение в состав питательной среды агарозы. При этом более чем в три раза увеличивается выход регенерантов из 22-дневных зародышей, в 1,5 раза – из 24-дневных зародышей. Благодаря этому приему удаётся получить растения и из 16-17-дневных зародышей (Таблица 7).

Таблица 7. Влияние возраста зародышей на выход растений-регенерантов в культуре *in vitro* (среда Гамборга (B₅)+агароза)

Возраст зародыша (сутки после опыления)	Введено зародышей, шт.	Количество проростков			
		получено		выживших	
		шт.	%	шт.	%
16-17-е	39	37	94,9	22	56,4
19-20-е	71	69	97,2	36	50,7
22-е	30	30	100,0	30	100,0
24-е	30	26	86,7	15	50,0

Полученные проростки переносили на регенерационные среды, основу которых составляла среда Гамборга (B₅). Для инициации регенерационного процесса в состав питательных сред необходимо вводить фитогормоны, которые регулируют процессы морфогенеза. Формирование хорошо развитой корневой системы и побегов кушечника было отмечено нами при концентрации 6-БАП 0,5 и 0,2 мг/л. Растения-регенеранты формировали по 3-4 листа и 4-5 побегов.

Одна из основных задач, стоящих перед селекционерами при работе с гибридами ранних поколений, – их быстрое размножение. Решить эту проблему можно с помощью метода микроклонального размножения. Для этого мы использовали побеги кущения, которые высаживали на питательные среды. Растения, выращенные на контрольном варианте (без добавления фитогормонов), были слабыми, у них отмечался слабый рост, фаза кущения не наступала. На питательной среде с добавлением 6-БАП в концентрации 0,2 мг/л формировались достаточно мощные растения с 3-4 листьями и побегами кущения. При повышении содержания 6-БАП до 0,5 мг/л было отмечено увеличение мощности растений. Однако при дальнейшем повышении его содержания до 1 мг/л наблюдалось угнетение растений. Следовательно, увеличение фитогормонов в питательной среде приводит к ослаблению растений и снижению общей активности клеток. Последующий пассаж этих растений на среду, в состав которой вводили агарозу, стимулировал ростовой процесс и снимал угнетение, вызванное повышенной концентрацией фитогормонов.

В ходе проведённых исследований разработана схема микроклонального размножения растений озимой пшеницы, которая включает следующие этапы:

- стерилизация эксплантов хлорамином 6% концентрации в течение 10 минут;

- культивирование зародышей на питательной среде Гамборга (В₅) до образования проростков;

- перенос проростков на среду Гамборга (В₅) с добавлением цитокинина 6-БАП в концентрации 0,2 мг/л;

- посадка побегов кущения на среду Гамборга (В₅) с добавлением цитокинина 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л, при слабом развитии регенерантов, в питательной среде необходимо заменить агар-агар на агарозу;

- перевод растений в условия *ex vitro*.

Это позволяет значительно повысить коэффициент размножения нового селекционного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований разработаны практические и теоретические вопросы оценки генетического потенциала исходных форм и скрининга сортов и гибридов озимой пшеницы на основе морфо-биологических и селекционно значимых признаков с использованием методов многомерной статистики.

Установлено, что в условиях лесостепи ЦЧР высокой зимостойкостью и продуктивностью характеризуются генотипы с замедленным осенним развитием, стабильной величиной конуса нарастания в пределах 0,35-0,45 мм, поникающей и развалистой формой куста. Продуктивность растений озимой пшеницы зависит не столько от площади листового аппарата, сколько от эффективности его фотосинтетической деятельности, что, в свою очередь, определяется генетическими особенностями сортообразцов и их реакцией на экологические условия, поэтому формирование высокопродуктивных колосьев может происходить при разных уровнях развития вегетативной сферы растений.

Изменчивость длины флагового листа обусловлена большим влиянием условий вегетации, а ширины – влиянием генотипа, что позволяет считать этот признак у озимой пшеницы сортовым. Сортообразцы разных групп спелости различаются по ширине флаговых листьев: широкие листья характерны для позднеспелых генотипов, продуктивность которых в условиях региона обусловлена повышенной озернёностью колосьев, а узкие листья – для скороспелых, в продуктивность которых основной вклад вносит крупность зёрен.

Непродуктивные побеги кущения в условиях лесостепи ЦЧР не оказывают негативного влияния на продуктивность растений озимой пшеницы, а в некоторые годы даже способствуют её увеличению. Использование длины колоса в качестве маркёрного признака позволяет осуществлять отбор высокопродуктивных генотипов, так как растения с размером колоса более 10 см характеризуются повышенной его озернёностью за счёт большего числа продуктивных колосков, при одновременном снижении числа непродуктивных. В связи с этим при селекции на продуктивность необходимо стремиться к созданию форм, в колосьях

которых, независимо от условий вегетации, отсутствуют непродуктивные колоски.

В условиях ЦЧР продуктивность растений озимой пшеницы определяется, главным образом, двумя элементами – числом зёрен в колосе и их крупностью.

Установлены три способа формирования продуктивности у озимой пшеницы: первый связан с преобладающим влиянием числа зёрен, второй – с равнозначным влиянием массы 1000 зёрен и числа зёрен; третий – с влиянием условий вегетации на вклад в продуктивность числа и массы 1000 зёрен. Установленные механизмы формирования продуктивности необходимо учитывать при подборе родительских компонентов для скрещиваний и разработке стратегии работы с новым гибридным материалом при селекции озимой мягкой пшеницы.

В качестве исходного материала для создания высокопродуктивных засухоустойчивых сортов озимой пшеницы в аридных условиях ЦЧР целесообразно использовать генотипы с разными темпами весеннего развития: высоким (сортообразцы степного экотипа) и замедленным (сортообразцы западноевропейского экотипа). Предложенные принципы подбора родительских компонентов для скрещиваний позволяют получать высокопродуктивный материал с благоприятными для процесса селекции трансгрессиями.

Повысить объективность оценки сопряжённости признаков позволяет формирование однородных выборочных совокупностей путем кластеризации объектов либо по динамике изменчивости результативного признака, если его варьирование обусловлено, главным образом, условиями вегетации, либо по его абсолютной величине, если его изменчивость связана с преимущественным влиянием фактора «генотип».

Проведённый анализ показателей адаптивных свойств сортов озимой пшеницы позволил разделить их на три группы: показатели отзывчивости (коэффициенты мультипликативности (KM), вариации (CV), регрессии (b_i) (метод Eberhart S.A. и Russell W.A.) и (R_i) (метод главной оси)); стабильности (эковалента (W_i) и показатель стабильности (S^2) (метод Eberhart S.A. и Russell W.A.)); гомеостатичности (показатели уровня продуктивности и стабиль-

ности сорта (Пусс), гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc)), что позволило сократить число критериев для оценки адаптивных свойств сортов озимой пшеницы. Определены наиболее информативные, объективные, удобные в расчёте показатели: отзывчивости сортов на экологические условия (коэффициенты регрессии R_i (метод главной оси) и мультипликативности (KM)) и гомеостатичности (комплексный показатель уровня и стабильности урожайности сортов (Пусс), показатели гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc)).

Значительное повышение выхода растений-регенерантов (с 0-33,3 % до 50-100%) из зародышей разного возраста (16-24-е сутки после опыления) достигается путем замены агар-агара на агарозу в составе питательной среды с основой по Гамборгу (B₅). Данный прием позволяет снять угнетение растений, вызванное разными причинами выращивания в условиях *in vitro*, в том числе и повышенным содержанием фитогормонов (заявка на патент № 2017104683 от 13.02.2017 г.).

На основе теоретических разработок и селекционных оценок созданы высокопродуктивные сорта озимой мягкой пшеницы Алая Заря (включен в Государственный реестр селекционных достижений с 2011 г. по Центрально-Чернозёмному региону (А.с. № 45757 от 21.05.2010, Патент № 5407)), характеризуется стабильно высоким качеством зерна и Алексия (проходит с 2016 г. Государственное сортоиспытание (заявка № 69279/8458108 с датой приоритета 25.12.2015 г.)), характеризуется стабильной урожайностью (50-60 ц/га) и высокой массой 1000 зёрен (45-55 г).

ВЫВОДЫ

1. Разработан принцип комплексной оценки исходных форм и скрининга сортов и гибридов озимой пшеницы на основе морфо-биологических и селекционно значимых признаков с использованием методов многомерной статистики, что позволило выделить и создать источники хозяйственно ценных признаков и свойств и новые сорта этой культуры.

2. В условиях лесостепи ЦЧР переход растений озимой пшеницы осенью к III этапу органогенеза, о чём свидетельствует увеличение конуса нарастания до 0,5 мм, сопровождается суще-

ственным снижением зимостойкости, что подтверждается результатами изучения 50 сортообразцов разного эколого-географического происхождения.

При отборе форм с конусом нарастания в осенний период развития менее 0,3 мм существует риск снижения продуктивности озимой мягкой пшеницы из-за уменьшения длины колоса ($r=0,21-0,35$) и числа продуктивных колосков ($r=0,21-0,37$).

Минимальный размер конуса нарастания (0,3 мм) характерен для растений со стелющейся формой куста, максимальный (0,5 мм) – с прямостоячей. Влияние массы растения и числа побегов на зимостойкость отмечено у некоторых сортообразцов только в отдельные годы.

3. Роль листового аппарата, в том числе и флагового листа, в формировании зерновой продуктивности озимой пшеницы в условиях региона заключается в его влиянии на число продуктивных колосков ($r_{\text{ч}}=0,05-0,70$) и зёрен в колосе ($r_{\text{ч}}=0,10-0,78$).

Увеличение ширины флагового листа сопровождается снижением массы 1000 зёрен. Флаговые листья большей ширины (1,5-2 см) характерны для позднеспелых форм, повышенная продуктивность которых обусловлена большей озернёностью колоса (42-47 шт.) при одновременном снижении крупности зёрен (масса 1000 шт. – 35-40 г).

Продуктивность скороспелых форм с узкими флаговыми листьями (менее 1,2 см) и оптимальной высотой растений (80-100 см) обусловлена крупностью зёрен (масса 1000 шт. – 45-50 г).

Сортообразцы разновидности *lutescens* характеризуются большей длиной (в среднем 19,3 см против 17,9 см у остистых) и площадью флаговых листьев (в среднем 17,3 см² против 15,5 см²), но уступают остистым формам по числу (в среднем 26,2 шт. против 30 шт.) и массе зёрен в колосе (в среднем 1,16 г против 1,38 г).

Преимущество растений озимой мягкой пшеницы с периодом функционирования флагового листа более 30 суток (от фазы колошения) по сравнению с более коротким периодом проявляется в их большей озернённости (35-45 шт. против 25-33 шт.) и продуктивности (1,6-1,9 г против 0,98-1,3 г) только в экстремальных условиях, когда наблюдается быстрое отмирание листьев.

4. В условиях ЦЧР продуктивность озимой пшеницы определяется двумя основными элементами – числом зёрен в колосе ($r_q=0,68-0,98$) и их крупностью ($r_q=0,33-0,92$). Методом множественного регрессионного анализа подтверждено, что образцы различаются по способу формирования продуктивности. У большей части из них зерновая продуктивность определяется числом зёрен в колосе, о чём свидетельствует значительное превышение коэффициента *Beta* числа зёрен над коэффициентом *Beta* массы 1000 зёрен (0,8-0,9 против 0,1-0,2).

Продуктивность других генотипов обусловлена равнозначным влиянием массы 1000 шт. зёрен и числа зёрен (коэффициент *Beta* массы 1000 зёрен и числа зёрен имеют примерно равные значения – около 0,5).

Способ формирования продуктивности у третьей группы сортообразцов зависит от условий вегетации.

Установленные механизмы формирования продуктивности необходимо учитывать при подборе родительских компонентов для скрещиваний и разработке стратегии работы с новым гибридным материалом у озимой мягкой пшеницы.

5. Вклад главного побега в продуктивность растения озимой пшеницы составляет от 35,2 до 51,1%. В колосьях побегов кущения формируется в 1,5-2 раза меньше зёрен по сравнению с главным колосом.

Отмечена тенденция формирования более крупного зерна в колосе главного побега, при этом различия по массе 1000 зёрен составляют от 0 до 8 г, в зависимости от генотипа и условий вегетации.

Характер влияния продуктивного кущения на озёрность, продуктивность и массу 1000 зёрен главного побега является сортоспецифическим и зависит от условий вегетации. В связи с этим выделено две группы сортов: с негативной реакцией на увеличение коэффициента продуктивного кущения, у которых отмечено снижение показателей продуктивности колосьев всех побегов, и нейтральной, что необходимо учитывать при разработке сортовой технологии новых сортов.

6. Негативное влияние числа непродуктивных побегов кущения на зерновую продуктивность и её элементы отмечено лишь в отдельные годы.

При формировании непродуктивных побегов кущения у всех сортообразцов отмечена тенденция повышения озерненности ($r_q=0,28-0,47$) и продуктивности ($r_q=0,12-0,55$) колосьев главного побега, а у отдельных сортов (Льговская 167 ($r_q=0,24$), Харьковская 92 ($r_q=0,17$), Ивановская 16 ($r_q=0,39$)) – и массы 1000 зёрен. Отмеченные особенности необходимо учитывать при подборе родительских компонентов и разработке параметров сорта-модели озимой пшеницы для Центрального Черноземья.

7. Доказано, что признак «длина колоса» является критерием для отбора высокопродуктивных форм озимой пшеницы. Он сопряжён с величиной показателя «число продуктивных колосков» ($r_q=0,44-0,74$), что способствует повышению озернённости колоса ($r_q=0,24-0,91$), его продуктивности ($r_q=0,14-0,92$) и массы 1000 зёрен ($r_q=0,01-0,90$), при этом снижается число непродуктивных колосков ($r_q=-0,15\dots-0,47$), что также ведёт к повышению озернённости ($r_q=-0,01\dots-0,89$), продуктивности ($r_q=-0,12\dots-0,95$) колоса и массы 1000 зёрен ($r_q=-0,01\dots-0,89$).

8. Варьирование признаков «ширина флагового листа», «число продуктивных колосков» и «масса 1000 зёрен» обусловлено большим влиянием генотипа, в связи с чем именно эти признаки предлагается использовать для комплексной оценки и отбора селекционного материала при селекции пшеницы на продуктивность.

Изменчивость признаков: «длина конуса нарастания в период осенней вегетации», «число побегов» и «масса растения в конце периода осенней вегетации», «длина и площадь листьев», «число побегов кущения» (продуктивных и непродуктивных), «длина колоса», «число непродуктивных колосков», «число зёрен в колосе», «индекс аттракции» связана с преобладающим влиянием условий вегетации, что подтверждено математически.

9. Высокую продуктивность в аридных условиях ЦЧР имеют сортообразцы с разными темпами весеннего развития: высоким (степного экотипа) и замедленным (западноевропейского экотипа), что является основанием для создания высокопродуктивных засухоустойчивых сортов озимой пшеницы, использование которых в производстве позволит обеспечить получение гарантированного урожая.

10. Теоретически обоснован и экспериментально подтвержден принцип подбора родительских компонентов для гибридизации по признакам их морфо-биологической разнокачественности. Методами кластерного и дискриминантного анализов определено минимальное число признаков группировки сортообразцов: «высота растения», «длина периода всходы–колошение», «масса 1000 шт. зёрен», которые являются критериями оценки сорто-, экотипа и продуктивности генотипов озимой пшеницы. Апробированный метод *k*-средних в качестве способа оценки морфо-биологической отдаленности сортообразцов позволяет упростить процесс планирования схем скрещиваний.

11. Установлено, что причинами искажения результатов оценки сопряжённости признаков являются влияние экологических условий и ошибки, возникающие при формировании выборочной совокупности, из-за чего в её состав могут входить различные объекты с разной системой корреляционных связей.

Однородность выборочных совокупностей достигается путём группировки объектов по динамике изменчивости резульативного признака (если его варьирование обусловлено, главным образом, условиями вегетации) или по его абсолютной величине (если его изменчивость связана с преимущественным влиянием фактора «генотип»).

12. Разработаны приемы эмбриокультуры для получения жизнеспособных растений озимой пшеницы. Значительное повышение выхода растений-регенерантов (с 0-33,3 % до 50-100%) из зародышей разного возраста (16-24-е сутки после опыления) достигается путём замены в составе питательной среды с основой по Гамборгу (B₅) агар-агара на агарозу. Данный прием позволяет снять угнетение растений, вызванное различными причинами выращивания растений в условиях *in vitro*, в том числе и повышенным содержанием фитогормонов (заявка на патент № 2017104683 от 13.02.2017 г.).

13. На основе корреляционного и кластерного анализов изучаемые показатели адаптивности сортов озимой пшеницы сформировали три группы:

- показатели отзывчивости (коэффициенты мультипликативности (KM), вариации (CV), регрессии (b_i) (метод Eberhart S.A. и Russell W.A.) и (R_i) (метод главной оси));
- стабильности (эковалента (W_i) и показатель стабильности (S^2) (метод Eberhart S.A. и Russell W.A.));
- гомеостатичности (показатели уровня продуктивности и стабильности сорта (Пусс), гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc)).

Это позволило сократить число критериев для оценки адаптивных свойств сортов озимой пшеницы.

Наиболее информативными, объективными, удобными в расчете показателями являются:

- отзывчивости сортов на экологические условия – коэффициенты регрессии R_i (метод главной оси) и мультипликативности (KM);

- гомеостатичности – комплексный показатель уровня и стабильности урожайности сортов (Пусс), показатели гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc).

Ни один из изучаемых показателей стабильности не может быть использован для объективной оценки сортов озимой пшеницы.

Отзывчивость сортов на условия вегетации связана с изменчивостью крупности зёрен побегов кущения, а гомеостатичность – числа продуктивных побегов кущения.

14. На основе теоретических разработок и селекционных оценок созданы высокопродуктивные сорта озимой мягкой пшеницы:

– Алая Заря, включённый в Государственный реестр селекционных достижений с 2011 г. по Центрально-Черноземному региону (А.с. № 45757 от 21.05.2010, Патент № 5407), характеризуется стабильно высоким качеством зерна;

– Алексия, проходящий с 2016 г. Государственное сортоиспытание (заявка № 69279/8458108 с датой приоритета 25.12.2015 г.), характеризуется стабильной урожайностью (50-60 ц/га) и высокой массой 1000 шт. зёрен (45-55 г).

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКИ И ПРОИЗВОДСТВА

1. При селекции на зимостойкость в условиях Центрального Черноземья рекомендуется использовать ценный исходный материал – генотипы озимой пшеницы, характеризующиеся стабильной длиной конуса нарастания (0,35-0,45 мм), замедленным осенним развитием, поникающим и развалистым типом куста.

2. В качестве исходного материала для создания высокопродуктивных засухоустойчивых сортов озимой пшеницы рекомендуется использовать высокопродуктивные генотипы с узкими листьями (не более 1,3 мм).

3. Предлагается проводить оценку и отбор исходного и селекционного материала озимой пшеницы при селекции на повышение фотосинтетического потенциала растений с использованием разработанных автором коэффициентов озерненности (ЗФЛ) и продуктивности (МЗФЛ) флаговых листьев, эффективности фотосинтеза листьев в отношении числа зёрен (КЭФ ЧЗ) и массы зерна (КЭФ МЗ).

4. Подбор родительских пар для гибридизации рекомендуется проводить по признакам их морфо-биологической разнокачественности (высота растения, длина периода всходы–колошение, масса 1000 шт. зёрен), с использованием апробированного автором метода k-средних.

5. Для сохранения и размножения ценного селекционного материала озимой мягкой пшеницы предлагается использовать разработанный способ получения жизнеспособных растений и внутривидовых гибридов *in vitro* из незрелых зародышей путём прямой регенерации.

6. Использовать созданный с участием автора сорт озимой мягкой пшеницы Алая Заря, характеризующийся высокой зимостойкостью, обеспечивающий получение стабильно высоких урожаев зерна высокого качества, предназначенный для возделывания в районах с неустойчивым и недостаточным увлажнением, включенный в Государственный реестр селекционных достижений по пятому региону (А.с. № 45757 от 21.05.2010, Патент № 5407).

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Ващенко Т. Г. Оценка селекционной значимости элементов продуктивности сои с использованием математического моделирования / Т. Г. Ващенко, А. Г. Буховец, Г. Г. Голева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2002. – № 5. – С. 78-90.
2. Павлюк Н.Т. Результаты изучения коллекции сортообразцов озимой пшеницы разного эколого-географического происхождения / Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева, И. А. Русанов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2003. – № 6. – С. 132-141.
3. Павлюк Н. Т. Элементы ускорения селекционной технологии озимой пшеницы / Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева, И. А. Русанов, Г. Д. Шенцев, Р. А. Демченко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2005. – № 11. – С. 33-41.
4. Буховец А. Г. Модель классификации озимой пшеницы по селекционно-ценным признакам / А. Г. Буховец, И. А. Русанов, Г. Г. Голева, С. В. Гончаров, Т. Г. Ващенко, Н. Т. Павлюк // Селекция и семеноводство. – 2005. – № 4. – С. 26-29.
5. Русанов И. А. Селекционная оценка озимой пшеницы методом ранговой корреляции / И. А. Русанов, А. Г. Буховец, Т. Г. Ващенко, Г. Г. Голева, Н. Т. Павлюк, Г. Д. Шенцев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010 – № 4 (27). – С. 15-20.
6. Русанов И. А. Нейронная сеть как способ классификации исходного материала озимой пшеницы / И. А. Русанов, Н. Т. Павлюк, Т. Г. Ващенко, Г. Г. Голева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3 (26). – С. 27-31.
7. Ващенко Т. Г. Роль ризоторфина в формировании биологических и хозяйственных признаков сои / Т. Г. Ващенко, Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева, У. А. Преснякова, И. В. Рыльков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2 (33). – С. 10-15.

8. Батлук Ю. А. Особенности культивирования незрелых зародышей озимой мягкой пшеницы (*TRITICUM AESTIVUM* L.) в культуре *in vitro* / Ю. А. Батлук, Г. Г. Голева, Т. Г. Ващенко, А. Д. Голев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (37). – С. 21-25.

9. Голева Г. Г. Получение растений-регенерантов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в культуре *in vitro* / Г. Г. Голева, Ю. А. Батлук, Т. Г. Ващенко, Н. Н. Черкасова, А. Д. Голев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (42). – С. 17-22.

10. Голева Г. Г. Роль метеофакторов в осеннем кущении пшеницы в лесостепи ЦЧР / Г. Г. Голева, Т. Г. Ващенко, Ю. А. Батлук, В. И. Пушкарева, А. Д. Голев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (44). – С. 16-23.

11. Голева Г. Г. Оптимизация метода эмбриокультуры для ускорения процесса селекции озимой пшеницы (*TRITICUM AESTIVUM* L.) / Г. Г. Голева, Т. Г. Ващенко, И. В. Тростянская, Н. Н. Черкасова, А. Л. Голев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (51). – С. 32-42.

12. Голева Г. Г. Роль флаговых листьев в формировании продуктивности растений озимой мягкой пшеницы (*TRITICUM AESTIVUM* L.) / Г. Г. Голева, Т. Г. Ващенко, Т. И. Крюкова, А. Д. Голев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (49). – С. 31-41.

13. Голева Г. Г. Оценка влияния высоты растений озимой пшеницы на продуктивность в условиях Центрального Черноземья / Г. Г. Голева, Т. Г. Ващенко, Т. И. Крюкова, А. Д. Голев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (53). – С. 13-22.

Статьи в сборниках и материалах конференций

14. Шевченко В. Е. Интенсивные сорта озимой пшеницы и особенности их агротехники в хозяйствах Воронежской области / В. Е. Шевченко, Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева. – Воронеж: ВГАУ, 1994. – 21 с.

15. Голева Г. Г. Изучение корреляционных связей элементов продуктивности в селекции озимой пшеницы / Г. Г. Голева // Повышение эффективности агропром. пр-ва в условиях соврем. форм

хозяйствования : тез. докл. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Воронеж, 1995. – С. 10-11.

16. Голева Г. Г. Показатели экологических параметров сортов озимой пшеницы и их анализ в условиях Воронежской области / Г. Г. Голева, В. Е. Шевченко, Н. Т. Павлюк // Резервы стабилизации аграрного производства: тез. докл. науч. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов госагроуниверситета по итогам исследований за 1991-1995 гг. – Воронеж, 1996. – Ч. 1. – С. 22.

17. Голева Г. Г. Влияние озерненности колоса на продуктивность сортов озимой пшеницы / Г. Г. Голева // Биологические основы и методы селекции и семеноводства культурных растений: сб. науч. тр. – Воронеж, 1997. – С. 27-29.

18. Голева Г. Г. Экологическая характеристика признака «продуктивная кустистость» / Г. Г. Голева // Обеспечение стабилизации АПК в условиях рыночных форм хозяйствования: тез. докл. межрегиональной науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов / Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки. – Воронеж, 1997. – С. 182-183.

19. Павлюк Н. Т. Результаты путевого анализа продуктивности и ее элементов сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Воронежской области / Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева // Биологические основы и методы селекции и семеноводства культурных растений: сб. науч. тр. – Воронеж, 1997. – С.11-16.

20. Голева Г. Г. Экологическое изучение элементов продуктивности растений озимой пшеницы в условиях ЦЧЗ / Г. Г. Голева // Генетические ресурсы России и сопредельных государств: сб. науч. тр. – Оренбург, 1999. – С. 66.

21. Богатова В. П. Построение статистических моделей для оценки экологических параметров сельскохозяйственных растений / В. П. Богатова, А. Г. Буховец, Г. Г. Голева, Н. Т. Павлюк // Математика, компьютер, образование: тез. VII междунар. конф. г. Дубна, 23-30 января 1999 г. – Москва, 1999. – С. 54.

22. Голева Г. Г. Дискриптивная модель урожайности озимой пшеницы / Г. Г. Голева, А. Г. Буховец, Т. Г. Ващенко // Математика. Компьютер. Образование: тез. докл. 8 междунар. конф. г. Пущино, 31 января-4 февраля 2001 г. – Пущино, 2001. – С. 276.

23. Павлюк Н. Т. Экологическая оценка сортов озимой пшеницы в условиях Центрально-Черноземной зоны / Н. Т. Павлюк, Т. Г. Ващенко, Г. Г. Голева // 2 съезд Вавиловского об-ва генетиков и селекционеров: тез. докл. – Санкт-Петербург, 2000. – Т. 1. – С. 196-197.

24. Павлюк Н. Т. Морфологические и биологические особенности озимой пшеницы Воронежская 95 / Н. Т. Павлюк, Т. Г. Ващенко, Г. Г. Голева // Биологические аспекты развития растений: материалы междунар. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В. Ф. Лейсле. – Воронеж, 2001. – С. 21-24.

25. Даньшин В. В. Новые сорта, принятые в районирование по Воронежской области и 5-ому региону с 1998 г. по 2000 г. и их описание / В. В. Даньшин, И. Н. Золотухина, Г. Г. Голева. – Воронеж: ГНУ НИИЭОАПК ЦЧР РФ РАСХН, 2001. – 63 с.

26. Гончаров С. В. Использование статистических методов для оценки экспериментальных данных в селекции озимой пшеницы / С. В. Гончаров, Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева, А. Г. Буховец, И. А. Русанов // Достижения аграрной науки в начале XXI века: материалы науч. и учеб.-метод. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов ВГАУ. Секция 3. Биологизация земледелия, адаптивные технологии, селекция и семеноводство с.-х. культур. – Воронеж, 2002. – С. 192-198.

27. Буховец А. Г. Классификационная модель сортообразцов озимой мягкой пшеницы / А. Г. Буховец, Г. Г. Голева, И. А. Русанов // Математика. Компьютер. Образование: тез. докл. 10 междунар. конф. г. Пущино, 20-25 января 2003 г. – Пущино, 2003. – С. 259.

28. Буховец А. Г. Исследование пластичности сортообразцов мягкой пшеницы в классификационной модели / А. Г. Буховец, Г. Г. Голева, И. А. Русанов // Математика, компьютер, образование: тез. 11 междунар. конф. г. Дубна, 26-31 января 2004 г. – Москва-Ижевск, 2004. – С.190.

29. Шевченко В. Е. Результаты, проблемы и перспективы селекции озимой пшеницы и тритикале в ЦЧР / В. Е. Шевченко, Н. Т. Павлюк, С. В. Гончаров, Г. Г. Голева, Ю. В. Швырев, Г. Д. Шенцев, И. А. Русанов, А. М. Алещенко // Итоги научно-исследовательских работ агрономического факультета: сб. науч. трудов, посвященный 90-летию со дня образования агрономического факультета ВГАУ имени К.Д. Глинки. – Воронеж, 2004. – С.102-108.

30. Павлюк Н. Т. Направления и некоторые результаты селекции озимой пшеницы в условиях ЦЧР / Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева, Г. Д. Шенцев, И. А. Русанов // Аспекты современных агротехнологий : сборник научных трудов, посвященный 120-летию со дня рождения выдающегося ученого, организатора, общественного деятеля, дважды лауреата Сталинской премии, заслуженного деятеля науки, академика И. В. Якушкина / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение "Воронежский государственный аграрный университет им. К. Д. Глинки", Кафедра растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий; отв. ред. В. А. Федотов. – Воронеж, 2005. – С. 22-24.

31. Русанов И. А. Дифференциация генофонда пшеницы по плотности продуктивного стеблестоя / И. А. Русанов, Г. Г. Голева // Современные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса России: материалы Третьей Всероссийской дистанционной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / ДонГАУ. – пос. Персиановский, 2005. – С. 34-36.

32. Буховец А. Г. Проблема классификации селекционного материала / А. Г. Буховец, Н. Т. Павлюк, И. А. Русанов, Г. Г. Голева // Биологические основы и методы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: сб. науч. трудов ВГАУ. – Воронеж, 2006. – С. 35-37.

33. Голева Г. Г. Селекция пшеницы на зимостойкость в условиях лесостепи ЦЧР / Г. Г. Голева, Т. П. Зезюкова, С. Г. Фомина, Р. А. Демченко, С. А. Воронина // Биологические основы и методы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: сб. науч. трудов ВГАУ. – Воронеж, 2006. – С. 60-64.

34. Голева Г. Г. Исходный материал озимой пшеницы в селекции на адаптивность в условиях ЦЧР // Г. Г. Голева, Т. П. Зезюкова, С. Г. Фомина, Р. А. Демченко, И. А. Русанов // Биологические основы и методы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: сб. науч. трудов ВГАУ. – Воронеж, 2006. – С. 65-69.

35. Павлюк Н. Т. Роль основных признаков в формировании урожая и качества зерна озимой пшеницы / Н. Т. Павлюк, И. А. Русанов, Г. Г. Голева, Г. Д. Шенцев, Т. П. Зезюкова // Естествознание и гуманизм: сб. науч. работ. – Томск, 2006. – Т.3, №1. – С. 76.

36. Шевченко В. Е. Направления и некоторые результаты селекции озимой пшеницы в условиях ЦЧР / В. Е. Шевченко, Н. Т. Павлюк, Г. Г. Голева, Г. Д. Шенцев, И. А. Русанов // Сорты полевых куль-

тур в системе агроландшафтного земледелия (селекция, семеноводство, технологии их возделывания). – Каменная Степь, 2006. – С. 40.

37. Голева Г. Г. Особенности цветения сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения в условиях Воронежской области / Г. Г. Голева, С. В. Гончаров, А. Г. Буховец, Р. А. Демченко, Т. П. Зезюкова, С. Г. Фомина // Селекция и семеноводство полевых культур: юбилейный сборник науч. тр. – Воронеж, 2007. – Ч.1. – С. 215-218.

38. Русанов И. А. Методы оценки исходного материала при селекции пшеницы / И. А. Русанов, Н. Т. Павлюк, Т. Г. Ващенко, Г. Г. Голева, Г. Д. Шенцев // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур: XIII Всероссийская науч.-практ. конф., февраль 2009 г: сб. статей. – Пенза, 2009. – С. 102-104.

39. Орлянский Н. А. Корреляционный анализ в селекции ультрараннеспелых гибридов кукурузы / Н. А. Орлянский, Д. Г. Зубко, Н. А. Орлянская, Г. Г. Голева // Кукуруза и сорго. – 1999. – № 6. – С. 9.

40. Голева Г.Г. Использование корреляционного анализа для поиска маркерных признаков / Г. Г. Голева, А. Г. Буховец, Ю. А. Щукина, А. Д. Голев // Научно-практические основы энерго- и ресурсосбережения в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья: материалы заседания совета по земледелию Центрально-Черноземной зоны Отделения земледелия Россельхозакадемии, Каменная Степь, 27-28 мая 2010 г. – Воронеж, 2010. – С. 218-222.

41. Голева Г. Г. Оценка генетической дивергенции сортообразцов озимой пшеницы с использованием методов многомерной статистики / Г. Г. Голева, А. Г. Буховец, А. А. Голева, Ю. Н. Косачева // Роль селекции в формировании агротехнологий для обеспечения стабильного производства зерна в условиях меняющегося климата: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. и заседания совета по земледелию Центрально-Черноземной зоны Отделения земледелия Россельхозакадемии, Каменная Степь, 15 июня 2011 г. – Воронеж, 2011. – С. 168-172.

42. Шакурова С. Х. Характеристика гибридов озимой пшеницы второго поколения по основным хозяйственно-биологическим признакам / С. Х. Шакурова, Г. Г. Голева // Глинковские чтения: материалы Всероссийской студенческой науч. конф., 2-5 апреля 2013 г. / ВГАУ. – Воронеж, 2013. – С. 323-329.

43. Ильина В. И. Биологические особенности развития растенных сортообразцов озимой пшеницы / В. И. Ильина, Г. Г. Голева // Глинковские чтения: материалы Всероссийской студенческой науч.-практ. конф., посвящённой 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии Воронежского ГАУ, 2-5 апреля 2013 г. / ВГАУ. – Воронеж, 2013. – С. 276-282.

44. Анохина В. В. Метод k-средних как способ классификации сортообразцов озимой пшеницы / В.В. Анохина, Г.Г. Голева // Глинковские чтения : материалы Всероссийской студенческой науч.-практ. конф., посвящённой 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии Воронежского ГАУ. – Воронеж, 2013. – С. 223-229.

45. Буховец А. Г. Анализ и прогнозирование урожайности отдельных зерновых культур / А. Г. Буховец, Е. А. Семин, Г. Г. Голева // Экономическое прогнозирование : модели и методы: материалы XI международной науч.-практ. конф., 26 апреля 2013 г. – Воронеж, 2013. – С. 107-110.

46. Инновационные основы системного развития сельского хозяйства: стратегии, технологии, механизмы (Центральный федеральный округ России). – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2013 г.– С. 343-345.

47. Орлянский Н.А. Корреляционный анализ в селекции ультрараннеспелых гибридов кукурузы / Н. А. Орлянский, Д. Г. Зубко, Н. А. Орлянская, Г. Г. Голева // Кукуруза и сорго. – 1999. –№ 6.–С. 9.

48. Голева Г. Г. Конус нарастания как критерий оценки зимостойкости при селекции озимой мягкой пшеницы в ЦЧР / Г. Г. Голева, Т. Г. Ващенко, В. И. Пушкарева // Актуальные проблемы агротехнологий XXI века и концепции их устойчивого развития : материалы национальной заочной науч.-практ. конф. ВГАУ (Воронеж, 6-7 апреля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 3-14.

49. Голева Г. Г. Роль листового аппарата в формировании продуктивности озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в условиях ЦЧР / Г. Г. Голева, Т. Г. Ващенко, А. Д. Голев // Инновационные технологии производства зерновых, зернобобовых, технических и кормовых культур : юбилейный сб. науч. трудов / под общ. ред. проф. В. А. Федотова. – Воронеж, 2016. – С. 217-226.

50. Шигидин А. А. Результаты экологического сортоиспытания озимой мягкой пшеницы / А. А. Шигидин, Г. Г. Голева // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 67-й науч. студенческой конф. – Воронеж, 2016. – Ч. III. – С. 188-191.

Авторские свидетельства и патенты

51. А. с. 45757. Пшеница мягкая озимая Алая Заря / Н. Т. Павлюк...Г. Голева [и др.]. – № 5407; заявлено 26.10.2006; выдано в соответствии с решением Гос. комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений 21.05.10.

52. Заявка. Пшеница мягкая озимая Алексия / Г. Г. Голева [и др.].–№ 69279/8458108 от 25.12.15.

53. Заявка 104683 Российская Федерация. Способ получения жизнеспособных растений озимой мягкой пшеницы и внутривидовых гибридов методом эмбриокультуры из незрелых зародышей / Г.Г. Голева, Т.Г. Ващенко, Т.П. Федулова, Н.Н. Черкасова, И.В. Тростянская; заявитель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2017 г.

Подписано в печать 19.09.2017г. Формат 60x80¹/₁₆.
Бумага кн.-журн. П. л. 2,0. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз.
Заказ № 16579.

Типография ФГБОУ ВО ВГАУ
394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1.