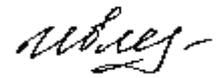


*На правах рукописи*



Ивлева Марина Владимировна

СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
СОРТОВ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

03.02.01 — ботаника

Автореферат диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Саратов – 2013

Работа выполнена в Государственном научном учреждении  
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока  
Российской академии сельскохозяйственных наук»  
в лаборатории физиологии растений

Научный руководитель: Степанов Сергей Александрович,  
доктор биологических наук, профессор

Официальные  
оппоненты: Кондратьев Михаил Николаевич,  
доктор биологических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «Российский государственный  
аграрный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева»,  
профессор кафедры физиологии растений

Танайлова Елена Александровна,  
кандидат биологических наук,  
ФБУ «ГОСНИИ ЭНП»  
в. н. с. лаборатории биомониторинга

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный  
университет имени Н.П. Огарева»

Защита состоится 15 ноября в 10.00 часов на заседании диссертационного  
совета Д 212.243.13 при Федеральном государственном бюджетном образова-  
тельном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский  
государственный университет имени Н. Г. Чернышевского» по адресу: 410012,  
г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, e-mail: *biosovet@sgu.ru*

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке  
имени В.А. Артисевич ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный универси-  
тет имени Н.Г. Чернышевского».

Автореферат разослан « 7 » октября 2013 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



С. А. Невский

## Общая характеристика работы

Актуальность темы. В 70-х годах XX столетия посевы яровой пшеницы в Саратовской области примерно в 4,5 раза превосходили по площади озимую мягкую пшеницу. Однако в период с 1992 по 2003 гг. посевные площади под этими культурами стали примерно одинаковыми. В настоящее время тенденция на замещение посевов яровой пшеницы озимой мягкой пшеницей устойчиво сохраняется. Особенно это выражено в отношении твёрдой яровой пшеницы, посевные площади которой в последние годы в Саратовской области сведены к минимуму, несмотря на высококачественное зерно этой культуры и выдающиеся успехи селекции твёрдой пшеницы в НИИСХ Юго-Востока РАСХН и других селекционных центрах (Комаров, Васильчук, 2009). Наряду с социальными и экономическими причинами наблюдаемого тренда культур, немаловажное значение в расширении посевов озимой мягкой пшеницей имеет, как правило, её большая урожайность в условиях существенного изменения климата.

Быстрое расширение посевов озимой мягкой пшеницы в Саратовской области требует научного сопровождения селекции этой культуры, в том числе и со стороны ботаников и физиологов растений (Сандухадзе и др., 2003). Следует учитывать, что любой сорт пшеницы практически существует в двух фазовых состояниях: в фазе семян (зерновок) и в фазе вегетирующих растений в полевых популяциях (Морозова, 2008).

Большой интерес представляет изучение особенностей анатомо-морфологического строения основных структур зерновки в сортовом аспекте (Танайлова и др., 2008; Прохорова и др., 2009) и морфофизиологической разноразнокачественности зерновок (Кондратьев и др., 1998). Перспективным методом оценки сортов пшеницы, моделирования её новых форм является структурный анализ зрелых растений по элементам продуктивности (Морозова, 1983, 2013; Тороп, 2009), позволяющий ретроспективно судить об особенностях морфогенетических процессов у растений в пределах поля в разные периоды онтогенеза.

Цель и задачи исследования. Основной целью работы являлось выявление биологических особенностей формирования элементов продуктивности озимой пшеницы сортов саратовской селекции. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) установить анатомо-морфологические особенности структурной организации зерновки;
- 2) провести структурный анализ элементов продуктивности побега озимой мягкой пшеницы;
- 3) оценить биологические особенности развития элементов продуктивности побега в агропопуляциях озимой пшеницы;
- 4) определить морфогенетический потенциал сортов озимой пшеницы.

Научная новизна работы. Впервые проведен сравнительный анализ особенностей развития зерновки озимой пшеницы сортов саратовской селекции,

формирования элементов продуктивности побега и их сбалансированности, морфогенетического потенциала сортов. Выявлено, что в конкретных агроклиматических условиях лишь часть сортов может максимально проявить свои потенциальные возможности в зависимости от сбалансированности морфогенетических процессов на этапах заложения и реализации элементов продуктивности побега.

Теоретическое и практическое значение работы. Установлены анатомо-морфологические особенности развития зерновки озимой пшеницы сортов саратовской селекции. Представлен структурный анализ элементов продуктивности. Выявлены морфогенетические закономерности в реализации элементов продуктивности побега в разные годы репродукции. Впервые определён морфогенетический потенциал озимой мягкой пшеницы сортов саратовской селекции. Полученные в результате исследования сведения вносят вклад в изучение морфологии, анатомии и физиологии одной из важнейших сельскохозяйственных культур – пшеницы и могут быть использованы для моделирования морфогенеза растений, а в селекции – оценки потенциальной продуктивности сортов и степени их адаптации к условиям вегетации.

Результаты исследований использованы при выполнении НИР «Физиологические механизмы адаптации сортов злаковых полевых культур в условиях изменения климата Юго-Востока европейской части России» в НИИСХ Юго-Востока РАСХН. Материалы исследования внедрены в учебный процесс и широко используются на лекциях и практических занятиях по анатомии и физиологии растений, а также при проведении лабораторных практикумов, выполнении курсовых и дипломных работ в Саратовском государственном университете имени Н.Г. Чернышевского.

Апробация работы. Основные результаты исследований представлены на: научной конференции аспирантов и студентов биологического факультета СГУ (Саратов, 2010); Всероссийской научно – практической конференции молодых ученых и специалистов НИИСХ Юго-Востока (Саратов, 2010); Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.С. Хохлова (Саратов, 2010); VII съезде Общества физиологов растений России (Нижний Новгород, 2011); научной конференции молодых учёных вузов Поволжского региона (Саратов, 2012).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе две – в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ.

Декларация личного участия автора. Автор лично провел в 2009–2013 гг. полевые и лабораторные эксперименты, осуществил сбор объектов, провел морфометрические, анатомические и физиологические исследования. Анализ и обработка полученных данных осуществлены автором самостоятельно, по плану, согласованному с научным руководителем. Обработка полученных данных и их интерпретация проведены автором самостоятельно. Доля личного участия автора в подготовке и написании совместных публикаций составляет 50–70%.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 180 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 5 глав, выводов и приложения. Список цитированной литературы включает 234 источника, из них 64 иностранных авторов. Работа содержит 64 таблицы и 39 рисунков.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Сорты озимой формы мягкой пшеницы существенно отличаются по параметрам развития структуры зерновки: оболочек, эндосперма и зародыша.
2. В агропопуляциях озимой пшеницы отмечается сортовая специфичность в распределении растений по классам вариации элементов продуктивности и сбалансированности их развития.
3. Относительно сорта-стандарта Мироновская 808 наблюдаются значимые отличия озимой мягкой пшеницы сортов саратовской селекции по морфогенетическому индексу каждого из элементов продуктивности.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается краткая характеристика объекта и предмета исследования, формулируются цель и задачи, основные положения, выносимые на защиту, определяется актуальность, новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

### Глава 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (обзор литературы)

На основе анализа отечественной и иностранной литературы в главе рассматривается история выращивания и селекции озимой пшеницы в России, биологические особенности роста и развития озимой пшеницы, анатомо-морфологические особенности организации зерновки пшеницы. Показаны ботанические и физиологические аспекты продуктивности и устойчивости озимой пшеницы. Приведены современные методы оценки продуктивности и устойчивости пшеницы к экстремальным факторам среды.

### Глава 2. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Исследования проводились в полевых и лабораторных условиях в лаборатории физиологии растений НИИСХ Юго-Востока РАСХН в период с 2009 по 2013 гг. В качестве объекта исследования были взяты двенадцать сортов озимой мягкой пшеницы: Лютесценс 230, Саратовская 8, Саратовская 90, Саратовская остистая, Губерния, Виктория 95, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Калач 60, Эльвира, Созвездие и Мироновская 808 (сорт-стандарт).

Для определения сортовых особенностей развития зерновок использовались неповрежденные, выровненные по размеру семена, взятые из средней ча-

сти колоса главного побега. Перед замачиванием зерновок с помощью вакуумного насоса из них удалялся воздух, затем их помещали на 20 ч на фильтровальную бумагу в чашки Петри и смачивали 10 мл дистиллированной воды. Затем зерновки фиксировали в растворе глицерин – 96% этиловый спирт (1:1). Через 2–3 сут с помощью МБС-10 семена препарировали, выделяя из них зародыш. Анатомические препараты готовили с помощью ручного микротомы, определение длины 1-3 листьев эмбрионального побега зародыша проводили до нижнего основания соответствующего листа (n=30). Определение сортовых особенностей толщины оболочек и алейронового слоя эндосперма зерновок проводились на поперечных срезах в разных частях зерновки (спинки, левой и правой щечки), окрашенных раствором метиленового синего (0,002 мг/л).

При исследовании анатомо-морфологических особенностей развития поперечных клеток перикарпия брали зерновки по завершению периода молочной – начала восковой спелости. Семена помещали в фиксатор Гаммалунда (Прозина, 1960), затем под микроскопом выделяли слой поперечных клеток в области спинки зерновки и измеряли их длину и ширину. Динамику развития поперечных клеток перикарпия зерновок изучали на группе сортов (Калач 60, Виктория 95 и Мироновская 808) в фазу эмбриогенеза зерна через каждые 3-4 дня, начиная через неделю после цветения и заканчивая по завершению налива зерна.

Исследования эндосперма проводили путем мацерации (n=50); непосредственно перед началом измерения препарат окрашивали реактивом Люголя (Дженсен, 1965).

Для проведения структурного анализа элементов продуктивности пшеницы брали в конце вегетации по 30 растений из каждой из трёх повторностей, которые затем объединяли в группу и методом случайной выборки отбирали из неё для анализа 30 растений. Длину стебля, колоса определяли с помощью линейки. Учитывалась число колосков, число зерен в колосках, масса одного зерна. Построение и анализ вариационных кривых элементов продуктивности побегов осуществляли по методике З.А. Морозовой (1983). Для расчёта МИП применялась (Степанов и др., 2012) следующая формула:

$$\text{МИП} = (n_1 \times k_1 + n_2 \times k_2 \dots + n_6 \times k_6) / n_1 + n_2 \dots + n_6, \text{ где}$$

n – число растений соответствующего класса вариационного ряда элемента продуктивности побега,

k – класс вариационного ряда.

Статистическую обработку результатов исследований проводили по Н.Л. Удольской (1976) и Б.А. Доспехову (1985) с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2007.

### Глава 3. АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗЕРНОВКИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТОВ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

При изучении степени развития оболочек зерновок пшеницы выявлены сортовые различия по их толщине в различных частях зерновки – в области спинки и щёчек зерновки. Толщина оболочек в районе спинки варьировала от 22,4 (Лютесценс 230) до 144,2 (Саратовская 90) мкм, в области щёчек – от 22,4 (Калач 60) до 119,0 (Саратовская 90) мкм. По годам репродукции толщина оболочки может существенно варьировать. Некоторые сорта отличаются высокой стабильностью по величине данного признака, в частности Мироновская 808 и Саратовская 90 на протяжении двух лет исследований характеризовались максимальными значениями толщины оболочек, а сорт Лютесценс 230 – минимальными. В сравнении с яровой мягкой пшеницей сортов саратовской селекции, у которых толщина оболочек зерновок составляла от 47 до 61 мкм (Прохорова, 2011), в зерновках озимой мягкой пшеницы сортов саратовской селекции выявлены бóльшие значения и более существенное варьирование толщины оболочек.

Принимая важное значение бороздки, как в жизнедеятельности самого зерна, так и в практическом плане, определяющей такой важный показатель как натура зерна (Васильчук, 2001), была проанализирована особенность развития данного признака. В результате исследования определялась глубина бороздки зерновки до и после разветвления. Среди исследуемых сортов глубина бороздки до разветвления колебалась от 593 (Саратовская 8) до 1194 (Саратовская 17) мкм, а после разветвления варьировала от 365 (Виктория 95) до 719 (Саратовская 8) мкм. Результатом различий по глубине двух частей бороздки является и различие в их общей длине. Неглубокую бороздку имеют сорта Виктория 95, Эльвира – 1211 и 1330 мкм соответственно. Бóльшее же значение данного показателя отмечается для сортов Саратовская 17 (1631 мкм), Жемчужина Поволжья (1617 мкм). Некоторым сортам свойственно незначительное варьирование глубины бороздки по годам репродукции – Саратовская остистая, Жемчужина Поволжья, Эльвира, Созвездие.

Помимо измерений толщины оболочек и глубины бороздки, были проведены исследования развития поперечных клеток перикарпия зерновки. В литературе отмечается особая роль клеток данного слоя в наливе зерна (Rolletschek et al., 2004), однако неизвестно, существуют ли различия в строении данных клеток между сортами озимой пшеницы.

В начале стадии восковой спелости были проведены измерения длины и ширины поперечных клеток у двенадцати сортов озимой мягкой пшеницы, участвующих в исследовании. Длина поперечных клеток варьировала от 60,0 (Виктория 95) до 94,6 (Калач 60) мкм, ширина – от 10,1 (Саратовская остистая) до 18,3 (Жемчужина Поволжья) мкм. По сравнению с яровой мягкой пшеницей

сортов саратовской селекции (Прохорова, 2011), в зерновках озимой мягкой пшеницы сортов саратовской селекции отмечены меньшие значения по длине поперечных клеток, но близкие значения по их ширине.

По результатам изучения развития поперечных клеток в динамике выявлено, что различия между сортами наблюдаются уже с момента формирования в поперечных клетках значительного числа хлоропластов и в дальнейшем, по мере их роста, устойчиво сохраняются (рисунок 1). Ранее, в исследованиях Е.А. Танайловой (2010), подобная тенденция была выявлена у сортов яровой твердой пшеницы.

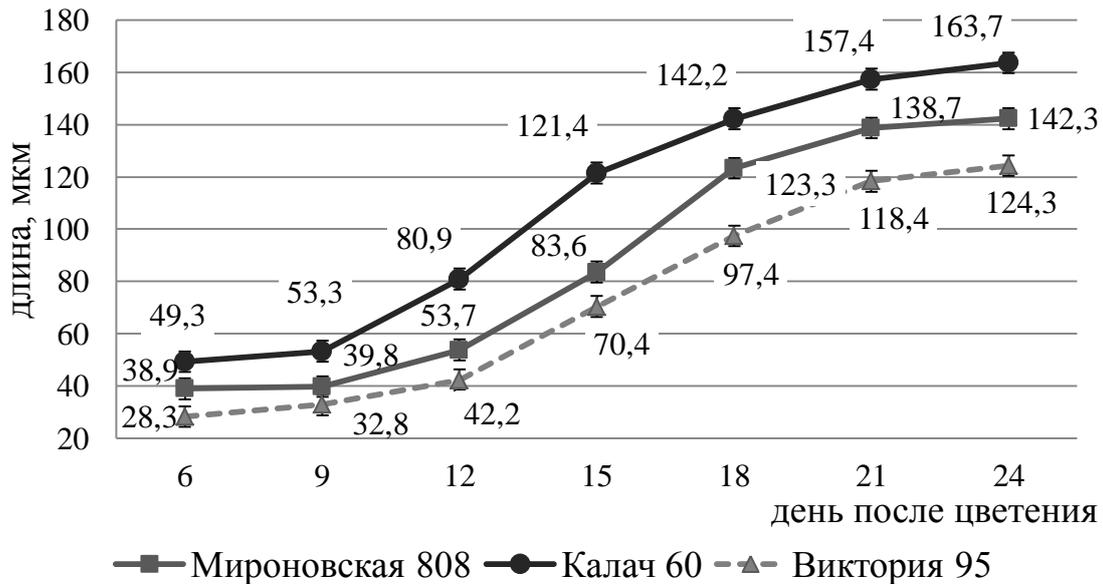


Рисунок 1 – Динамика роста поперечных клеток в области спинки зерновок озимой мягкой пшеницы

При анализе зерновок озимой мягкой пшеницы исследуемых сортов обнаружены различия по степени развития клеток алейронового слоя в отдельных частях зерновки. Длина клеток алейронового слоя в области спинки зерновки варьировала от 26,3 (Саратовская 90) до 52,9 (Саратовская 8) мкм, в области щёчек – от 25,9 (Созвездие) до 46,9 (Саратовская 8) мкм. Ширина клеток алейронового слоя в области спинки зерновки составляла от 27,6 (Мироновская 808) до 40,4 (Саратовская 8) мкм, в области щёчек – от 26,6 (Мироновская 808) до 41,5 (Саратовская 17) мкм. По сравнению с яровой мягкой пшеницей сортов саратовской селекции (Прохорова, 2011), в зерновках озимой мягкой пшеницы сортов саратовской селекции наблюдаются, как правило, меньшие значения длины алейроновых клеток.

По результатам проведенного исследования была выявлена определенная закономерность: сорта, имеющие большие значения длины алейроновых клеток, отличаются, как правило, небольшими значениями ширины алейроновых клеток. Только два сорта из 12-и характеризуются высокими значениями, как длины, так и ширины алейроновых клеток: Саратовская 8 в зерновках репродукции 2009–2010 гг. и Саратовская 17 в зерновках репродукции 2010–2011 гг.

Подобное явление было установлено ранее на сортах яровой мягкой пшеницы саратовской селекции в исследованиях Т.М. Прохоровой (2008).

В результате вычисления площади алейроновых клеток эндосперма зерновок мягкой пшеницы были выявлены существенные различия между сортами. Площадь алейроновых клеток зерновок варьировала: в области спинки – от 828 (Созвездие) до 2136 (Саратовская 8) мкм<sup>2</sup>, щёчек – от 757 (Лютесценс 230) до 1589 (Саратовская 17) мкм<sup>2</sup> (таблица 1).

Таблица 1 – Площадь алейроновых клеток зерновки в области спинки, мкм<sup>2</sup>

Сорт	Годы вегетации		Средний показатель	Размах вариации
	2009–2010	2010–2011		
Мироновская 808	938±28	958±29	948	20
Лютесценс 230	1056±21	1222±37	1139	166
Саратовская 8	2136±85	1105±22	1620	1032
Саратовская 90	1232±37	946±38	1089	286
Саратовская остистая	952±19	1089±32	1020	136
Губерния	1339±40	1060±21	1200	279
Виктория 95	940±38	906±36	923	34
Жемчужина Поволжья	1062±32	995±20	1029	67
Саратовская 17	920±18	1387±42	1153	467
Калач 60	962±29	970±19	966	8
Эльвира	987±20	1047±31	1017	60
Созвездие	828±33	888±27	858	60
НСР <sub>0,95</sub>	35	29		

Как было показано ранее, клетки алейронового слоя обеспечивают устойчивость семян к температурному стрессу (Campbell et al, 1997; Shaw and Brodl, 2003). На основании определения площади клеток алейронового слоя в разных частях зерновки, которая, как правило, была больше относительно Мироновской 808 у всех сортов озимой мягкой пшеницы саратовской селекции (таблица 1), следует, что зерновки с большей площадью алейроновых клеток обладают более высокой степенью термотолерантности. Учитывая значительный размах вариации данного показателя отдельных сортов, следует предположить о высокой пластичности этих сортов к высоким температурам и засухе.

По результатам измерений крахмальных зерен эндосперма зерновок двух репродукций (2009–2010 гг. и 2010–2011 гг.), взятых для изучения, было установлено, что диаметр малых крахмальных зерен варьировал от 5,1 до 8,4 мкм, средних – от 14,8 до 16,9 мкм, больших – от 25,8 до 35,8 мкм. По результатам их изучения можно отметить следующую закономерность: сорта с высокими значениями больших крахмальных зерен отличаются крупными размерами как средних, так и мелких крахмальных зерен. В частности, сорт Саратовская 8, об-

ладающий максимальными значениями диаметра больших зерен, отличается самыми высокими значениями средних и малых крахмальных зерен. И наоборот, сорт Виктория 95 характеризуется минимальными величинами всех трех типов крахмальных зерен. Аналогичная закономерность показана ранее Т.М. Прохоровой (2008) на яровой мягкой пшенице сортов саратовской селекции.

Исследований, касающихся степени развития эмбрионального побега зародыша зерновки озимой мягкой пшеницы, в плане сортовых особенностей, в литературе нами не обнаружены. По результатам анализа его развития в зерновках двух репродукций были выявлены следующие особенности: 1. Длина щитка варьировала от 2159 (Саратовская 90) до 3093 (Саратовская 90) мкм, ширина – от 1697 (Губерния) до 2421 (Саратовская остистая) мкм. 2. Длина coleoptily составляла от 1061 (Губерния) до 1569 (Мироновская 808) мкм, ширина – от 853 (Саратовская 90) до 1190 (Саратовская остистая) мкм. 3. Длина первого зародышевого листа варьировала от 789 (Саратовская 90) до 1097 (Саратовская остистая) мкм (таблица 2), ширина – от 526 (Саратовская 90) до 747 (Саратовская 8) мкм. 4. Длина второго зародышевого листа составляла от 265 (Мироновская 808) до 453 (Саратовская остистая) мкм, ширина – от 210 (Мироновская 808) до 369 (Саратовская остистая) мкм. 5. Длина третьего зародышевого листа варьировала в пределах от 91 (Саратовская 17) до 154 (Эльвира) мкм, ширина – от 74 (Калач 60) до 205 (Саратовская 8) мкм.

Таблица 2 – Длина первого листа главной почки зародыша зерновки, мкм

Сорт	Годы вегетации		Средний показатель	Размах вариации
	2009–2010	2010–2011		
Мироновская 808	926±27	870±35	898	56
Лютесценс 230	826±16	847±42	836	21
Саратовская 8	1017±41	1058±21	1037	41
Саратовская 90	789±15	890±27	839	102
Саратовская остистая	1097±43	992±49	1045	105
Губерния	871±17	808±24	840	63
Виктория 95	817±24	808±16	812	10
Жемчужина Поволжья	810±32	951±38	880	141
Саратовская 17	1060±21	948±28	1004	112
Калач 60	926±28	858±43	892	68
Эльвира	1082±22	984±29	1033	97
Созвездие	910±36	1027±20	968	118
НСР <sub>0,95</sub>	15	13		

По результатам анализа значений суммарной длины листьев у сортов озимой пшеницы разных лет репродукции было отмечено, что некоторые сорта относительно стабильны по данному признаку. В частности, сорта Саратовская 90 и Виктория 95 на протяжении всех лет исследований отличались минималь-

ными значениями суммарной длины зародышевых листьев, и, наоборот, сорта Саратовская остистая и Саратовская 8 характеризовались стабильно высокими значениями данного признака. Остальные сорта в разные годы отличались довольно значительными колебаниями по данному признаку. Таким образом, в результате проведенных измерений было выявлено, что исследуемые сорта озимой пшеницы характеризуются различными размерами основных зародышевых структур зерновки.

Коэффициент сбалансированности роста первого и второго зародышевого листьев ( $K_{ср}^{1/2}$ ) указывает на особенности донорно-акцепторных взаимоотношений, которые устанавливаются уже в эмбриональном периоде между двумя первыми метамерами. Этот коэффициент может являться показателем потенциала кущения будущего побега.  $K_{ср}^{1/2}$  сбалансированности роста листьев у исследуемых сортов за годы наблюдений был максимальным у сорта Мироновская 808 (3,3), минимальным – у сортов Жемчужина Поволжья (2,0), Саратовская остистая (2,3) и Лютесценс 230 (2,3). Коэффициент сбалансированности роста первого зародышевого листа ко второму в среднем за две репродукции варьировал не существенно у сортов Эльвира, Виктория 95, Губерния, Саратовская остистая и Лютесценс 230. Другие же сорта, напротив, характеризовались достаточно сильными колебаниями по данному показателю. Иное ранжирование сортов отмечалось по коэффициенту сбалансированности второго к третьему зародышевым листьям.  $K_{ср}^{2/3}$  является показателем, характеризующим потенциал развития конуса нарастания. Чем выше его значения, тем больше величина 2-го листа и тем потенциально меньше будет развит главный побег взрослого растения (Степанов, 2001). Наименьшими значениями по данному признаку характеризуются сорта Саратовская 8 (2,2) и Мироновская 808 (2,2), наибольшими – Саратовская остистая (3,6).  $K_{ср}^{2/3}$  у сортов Саратовская 8 и Мироновская 808 в зерновках разных лет репродукции достаточно сильно варьирует. Относительной стабильностью по данному показателю характеризуются сорта Созвездие, Саратовская 17, Губерния и Саратовская 90.

#### Глава 4. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОБЕГА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

В среднем за рассматриваемые периоды вегетации общее число побегов, включая главный, составляло от 5,0 (Виктория 95) до 7,48 (Саратовская остистая) шт. Наименьший размах вариации отмечен у сортов Калач 60, Саратовская 8 и Саратовская 90 – соответственно 2,36, 3,13 и 3,24 шт., наибольший размах – у Эльвиры (4,82 шт.) и Саратовская 17 (4,17 шт.). Число продуктивных побегов на одно растение в изучаемые периоды вегетации составляла от 2,49 (Виктория 95) до 4,08 (Саратовская остистая) шт. Относительно Мироновской 808 меньшим числом продуктивных побегов на одно растение отличались следующие сорта: Саратовская 8, Губерния, Виктория 95, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Калач 60, Эльвира и Созвездие. Таким образом, у большинства

сортов саратовской селекции, за исключением Лютесценс 230, число продуктивных побегов на одно растение меньше по сравнению с сортом-стандартом. На основании исследований этого признака, необходимо продолжить селекцию на создание сортов с большим числом побегов кущения, их реализации в последующей вегетации.

Определение числа продуктивных побегов в процентах от общего числа побегов кущения на одно растение показало, что в среднем за три исследуемых периода эта величина составляла от 46,8 (Созвездие) до 57,3 (Лютесценс 230)%. В разные годы репродукции число продуктивных побегов в процентах от общего числа побегов кущения на одно растение варьировало: 2009–2010 гг. – от 30,9 (Губерния) до 54,4 (Саратовская 17) %.; 2010–2011 гг. – от 50,6 (Созвездие) до 82,4 (Лютесценс 230) %; 2011–2012 гг. – от 41,7 (Саратовская 8) до 66,3 (Губерния) %. Меньший размах вариации по числу продуктивных побегов в процентах от общего числа побегов кущения на одно растение наблюдался – у Калач 60, Саратовская 17 и Виктория 95; больший – у Лютесценс 230, Губерния и Саратовская 90 (таблица 3).

Таблица 3 – Доля продуктивных побегов от общего числа побегов, %

Сорт	Годы вегетации			Средний показатель	Размах вариации
	2009–2010	2010–2011	2011–2012		
Мироновская 808	44,8±1,34	56,8±1,70	54,5±1,63	52,0	12,0
Лютесценс 230	34,6±0,69	82,4±3,29	54,8±2,19	57,3	47,8
Саратовская 8	47,8±1,92	51,5±1,54	41,7±1,25	47,0	9,8
Саратовская 90	46,4±1,39	67,4±2,70	55,5±1,17	56,4	20,9
Саратовская остистая	42,3±1,69	68,0±2,04	вымерзла	55,2	25,6
Губерния	30,9±1,24	58,1±2,33	66,3±1,32	51,8	35,4
Виктория 95	45,2±1,36	52,7±1,58	51,0±0,21	49,7	7,5
Жемчужина Поволжья	47,4±1,95	60,0±2,41	48,9±1,46	52,1	12,6
Саратовская 17	54,4±1,63	51,4±1,53	56,8±1,71	54,2	5,4
Калач 60	51,4±1,54	56,2±1,69	52,3±1,57	53,3	4,8
Эльвира	45,8±1,37	51,6±1,554	43,8±0,88	47,1	7,8
Созвездие	42,2±1,26	50,6±1,52	47,7±1,9	46,8	8,4
НСР <sub>0,95</sub>	1,32	1,76	2,08		

Таким образом, следует заключить, что некоторые сорта озимой мягкой пшеницы саратовской селекции отличаются большей способностью сохранять побеги кущения до продуктивного состояния, тогда как другие сорта отличаются меньшей способностью.

Урожай зерна в годы исследования среди сортов озимой пшеницы составлял от 1,80 до 5,58 т/га, что в значительной мере определялось числом продуктивных побегов, числом зерновок в колосе и их массой, а также плотностью

посева. По годам репродукции величина урожая очень существенно варьировала, что определялось погодными условиями вегетации в осенний и весенний периоды. Нами наблюдалось, что в условиях сухой осени и низких температур на этапе роста и развития 1–3-го листьев кущение происходило медленнее или не происходило совсем. В результате многие растения вступали в зимний период в недостаточно развитом, ослабленном состоянии. Следствием этого являлось уменьшение числа вегетирующих растений от числа зерновок, высеваемых осенью. В весенний период вегетации, если наблюдалось быстрое возрастание температуры при недостаточной влагообеспеченности, кущение растений так же существенно ограничивалось. Наименьший размах вариации по урожайности среди изученных нами сортов озимой пшеницы наблюдался у Саратовской 8, Саратовской остистой и Созвездия, наибольший – у Лютесценс 230, Губернии и Саратовской 90. Относительно Мироновской 808 меньшая урожайность в среднем за исследуемые периоды отмечена у пяти сортов: Губерния, Виктория 95, Жемчужина Поволжья, Калач 60 и Эльвира. У остальных шести сортов саратовской селекции урожайность в среднем за эти годы была выше.

Среди исследуемых сортов саратовской селекции число колосков колоса составляло по годам исследования от 11,4 (Калач 60) до 18,5 (Созвездие) шт. Наименьший размах вариации по числу колосков колоса наблюдался у Лютесценс 230 и Мироновской 808. Относительно Мироновской 808 в среднем за эти годы число колосков колоса было больше у всех сортов саратовской селекции, за исключением Калач 60. По числу неозерненных колосков колоса в процентах от общего числа колосков наблюдались существенные сортовые различия. Среди исследуемых сортов саратовской селекции число неозерненных колосков колоса варьировало по годам исследования от 2,4 (Калач 60) до 23,1 (Лютесценс 230)%. Наименьший размах вариации по числу неозерненных колосков в колосе наблюдался у Саратовской остистой. Относительно сорта-стандарта Мироновской 808 в среднем за эти годы больший процент неозерненных колосков наблюдался у 7-и из 11-и сортов саратовской селекции.

Число зерновок в колосе в исследуемых сортах саратовской селекции составляло – от 24,0 (Саратовская 90) до 45,7 (Созвездие) шт. Наименьший размах вариации по числу зерновок колоса отмечен у пяти сортов: Губернии, Виктории 95, Мироновской 808, Саратовской остистой и Лютесценс 230. Относительно Мироновской 808, в среднем за эти годы, большее число зерновок колоса выявлено у большинства сортов озимой мягкой пшеницы саратовской селекции.

Как показали проведенные исследования, масса зерновки существенно варьировала по годам вегетации среди сортов саратовской селекции – от 24,3 (Калач 60) до 40,7 (Саратовская 90) мг. Наименьший размах вариации по массе зерновки выявлен у сортов Губерния, Лютесценс 230 и Саратовская остистая. Относительно Мироновской 808 в среднем за эти годы большая масса зерновки наблюдалась у всех сортов саратовской селекции, за исключением Губернии, Виктории 95 и Калач 60.

## Глава 5. СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОБЕГА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Изучение распределения растений в агропопуляции пшеницы по общему числу побегов позволило выявить: у большинства сортов число классов составляло преимущественно 4–5, в отдельные годы вегетации у некоторых сортов отмечалось 3, 6 классов; как правило, большая часть растений каждого из сортов представлена во 2-ом и 3-ем классах вариации; в отдельные годы, благоприятные для кущения и сохранения боковых побегов; в агропопуляции растений максимальное число растений у некоторых сортов может наблюдаться в 4, 5 и 6 классах. Условия вегетации растений существенно сказываются на их распределении по классам вариации количества колосков в колосе побега. Более благоприятные погодные условия в период инициации и роста, развития зачаточного колоса, повышают число растений относимых к более высоким классам вариации.

По такому элементу продуктивности колоса, как число зерновок колоса, число классов вариации в агропопуляции растений варьировало от 2-х (у некоторых сортов) до 6-и (у отдельных сортов). В разные годы репродукции в агропопуляции растений озимой пшеницы выделялось преимущественно от 4–5 классов, в единичных случаях до 6 у некоторых сортов. Высокие температуры и недостаток влаги в фазу цветения пшеницы приводят к тому, что доля растений более низких классов (2-го и 3-го) в агропопуляции того или иного сорта возрастает. В благоприятных условиях вариабельность растений по числу зерновок в колосе увеличивается с возрастанием доли растений 4-го – 5-го классов вариации.

По такому элементу продуктивности колоса, как масса зерновки, число классов вариации в агропопуляции растений варьировало от 2-х (у некоторых сортов) до 6-и (у отдельных сортов). В разные по погодным условиям годы репродукции в агропопуляции растений преимущественно выделялось от 3–4 до 5–6 классов. Высокие температуры и недостаток влаги в период налива зерновок приводят к возрастанию числа растений, у которых масса зерновки будет в более высоких классах вариации с уменьшением числа классов вариации. В более благоприятных условиях для эмбриогенеза и налива зерновки вариабельность по их максимальной массе возрастает с преимущественным представителем растений 3- и 4-го классов вариации.

По совокупности развития тех или иных элементов продуктивности колоса главного побега выделяются более выдающиеся сорта: по числу колосков – Саратовская 90, Губерния, Эльвира, Саратовская 8; по числу зерновок колоса – Эльвира, Жемчужина Поволжья; по массе зерновок колоса – Саратовская 17, Саратовская 8, Саратовская 90, Созвездие, Лютесценс 230; по общему числу побегов кущения за исследуемые годы лучшими сортами являются Эльвира, Губерния, Саратовская 90, Саратовская 8.

Анализ сбалансированности развития элементов продуктивности побега различных сортов озимой пшеницы показал, что практически все сорта, в том числе Мироновская 808, являются не сбалансированными по развитию элементов продуктивности побегов: 1) общему числу побегов; 2) числу колосков колоса; 3) числу зерновок в колосе; 4) массы зерновок колоса. Однако в отдельные годы, у некоторых сортов, может наблюдаться сбалансированность элементов продуктивности побега. В период вегетации 2010–2011 гг. у сорта Саратовская остистая были сбалансированы все 4-е элемента продуктивности (рисунок 2), а у сортов Жемчужина Поволжья, Созвездие и Мироновская 808 были сбалансированы элементы продуктивности колоса (рисунок 3).

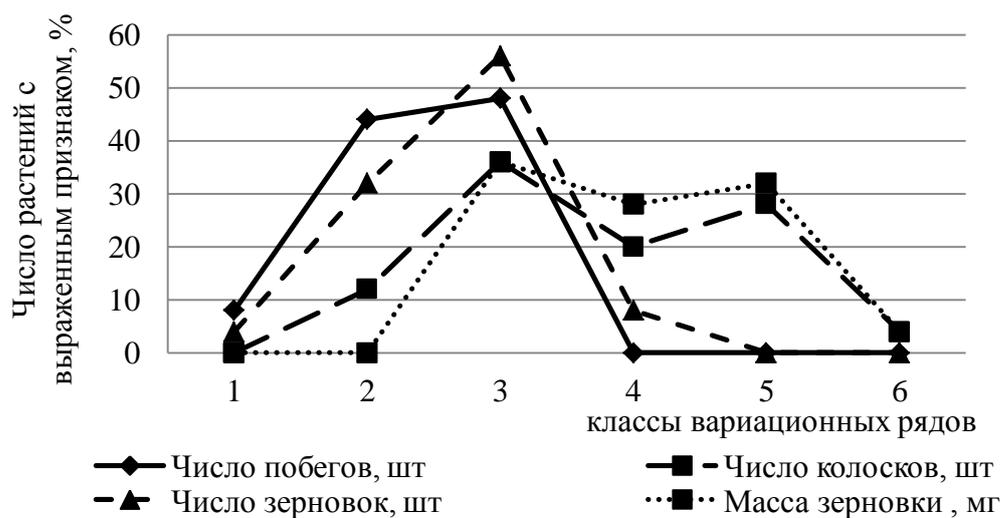


Рисунок 2 – Вариационные кривые элементов продуктивности побегов озимой мягкой пшеницы Саратовская остистая, 2010–2011 гг.

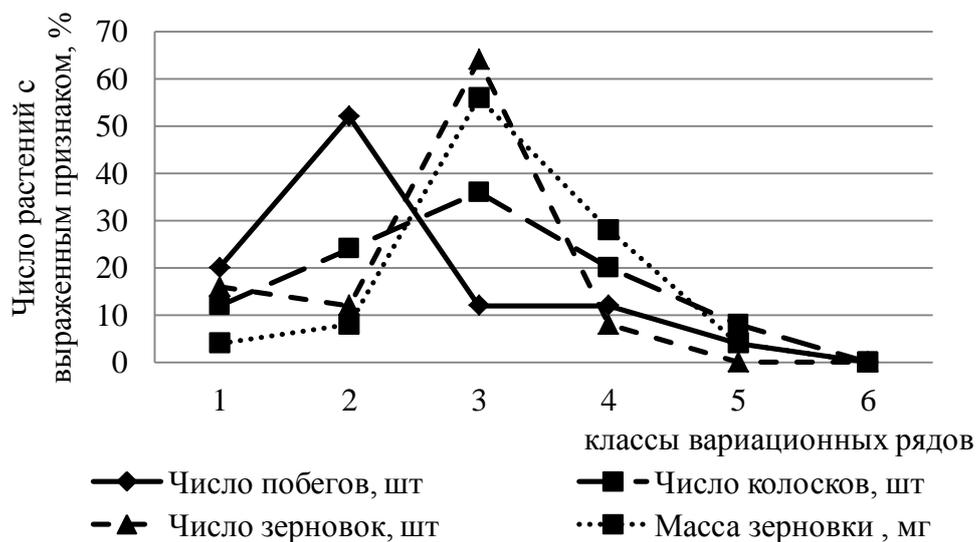


Рисунок 3 – Вариационные кривые элементов продуктивности побегов озимой мягкой пшеницы Жемчужина Поволжья, 2010–2011 гг.

Как показали наши исследования, морфогенетический индекс продуктивности (МИП) по общему числу побегов за изученные периоды вегетации варь-

ировал у разных сортов от 1,8 (Саратовская 90) до 4,7 (Саратовская 8). В среднем за эти годы наименьшие значения МИП по общему числу побегов свойственны сортам Виктория 95, Жемчужина Поволжья. Наибольшие значения МИП по общему числу побегов характерны сортам: Саратовская 90, Саратовская 8, Мироновская 808, Созвездие (таблица 4).

Таблица 4 – Морфогенетический индекс продуктивности сортов озимой пшеницы по общему числу побегов

Сорт	Годы вегетации			Средний показатель	Размах вариации
	2009–2010	2010–2011	2011–2012		
Мироновская 808	2,48	2,88	3,73	3,03	1,25
Лютесценс 230	2,28	2,20	3,47	2,65	1,27
Саратовская 8	2,16	2,32	4,70	3,06	2,54
Саратовская 90	1,8	3,36	4,50	3,22	2,70
Саратовская остистая	2,88	2,4	вымерзла	2,64	0,48
Губерния	2,52	2,52	3,27	2,77	0,75
Виктория 95	1,96	2,16	3,27	2,46	1,31
Жемчужина Поволжья	2,08	2,28	3,07	2,48	0,99
Саратовская 17	2,28	2,36	4,37	3,00	2,09
Калач 60	2,2	2,68	3,70	2,86	1,50
Эльвира	2,44	2,24	3,50	2,73	1,26
Созвездие	2,44	2,36	4,30	3,03	1,94

Морфогенетический индекс продуктивности по числу колосков колоса за анализируемые периоды вегетации варьировал от 2,4 (Саратовская 90) до 5,43 (Созвездие). В среднем за эти годы меньшие значения МИП числа колосков установлены у сортов Калач 60 и Мироновская 808, большие значения – Губерния, Созвездие, Саратовская 17 и Саратовская 8 (рисунок 4).

Морфогенетический индекс продуктивности по числу зерновок колоса за изученные периоды вегетации варьировал от 2,04 (Саратовская 90) до 4,13 (Созвездие). Минимальный размах вариации МИП числа зерновок наблюдался у Мироновской 808 и Лютесценс 230, максимальный – Саратовской 90, Калач 60. В среднем за эти годы репродукции наименьшие значения МИП числа зерновок свойственны Виктории 95 и Саратовской 17, наибольшие – Саратовской 8 и Жемчужине Поволжья.

Морфогенетический индекс продуктивности по массе зерновок в изученные нами периоды вегетации озимой пшеницы составлял от 2,52 (Калач 60) до 4,67 (Саратовская 90). Наименьший размах вариации МИП по массе зерновки характерен Саратовской остистой, наибольший – Калач 60. В среднем за эти годы репродукции меньшие значения МИП массы зерновки свойственны Калач 60 и Виктории 95, большие – Саратовской 90, Саратовской остистой и Созвездию.

По результатам оценки морфогенетического индекса продуктивности (МИП) по 4-м элементам (числу побегов, числу колосков и зерновок колоса, массы зерновок) можно заключить:

1. Наблюдаются существенные межсортовые различия по МИП каждого из элементов продуктивности. При своем максимальном значении равном 6, полученные расчётные значения МИП, позволяют говорить о возможности дальнейшего роста урожайности сортов саратовской селекции с учётом вклада в урожай каждого из элементов продуктивности.

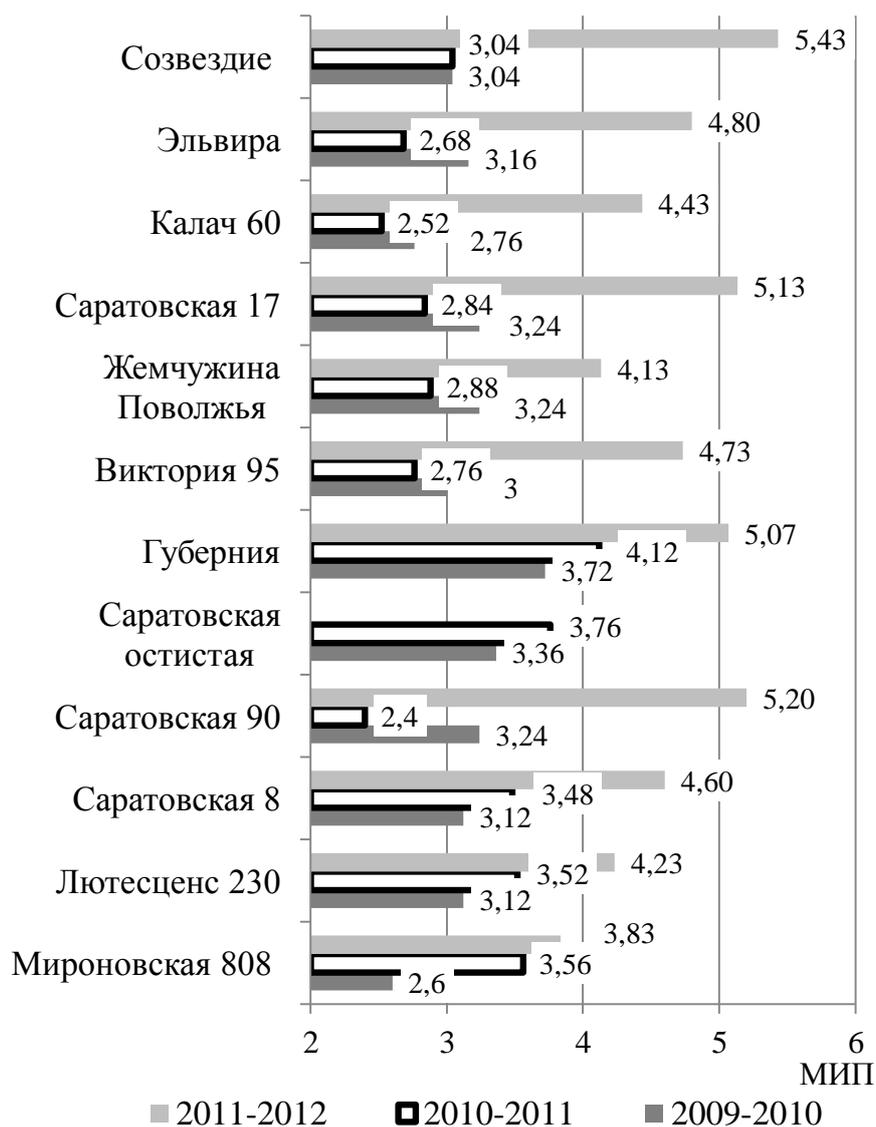


Рисунок 4 – МИП сортов по числу колосков колоса в разные годы репродукции

2. У одного и того же сорта значения МИП каждого из элементов продуктивности по годам вегетации могут варьировать, при этом у некоторых сортов наблюдается большой размах вариации: по числу побегов – Саратовская 90, Саратовская 8, Саратовская 17; по числу колосков колоса – Саратовская 90, Созвездие, Саратовская 17; по числу зерновок колоса – Саратовская 90, Калач 60,

Саратовская 17; по массе зерновок – Калач 60, Эльвира и Саратовская 90. Большой размах вариации МИП каждого из элементов продуктивности побега свидетельствует о широкой пластичности сорта в различных погодных условиях вегетации.

3. Большие значения МИП относительно сорта Мироновская 808 наблюдались по следующим признакам: по общему числу побегов только у некоторых сортов озимой пшеницы саратовской селекции в отдельные годы – Саратовской остистой, Саратовской 8, Саратовской 90, Саратовской 17 и Созвездия; по числу колосков колоса, как правило, у всех сортов; по числу зерновок колоса у большинства сортов; по массе зерновок колоса только у некоторых сортов саратовской селекции – Саратовской 8, Саратовской 90, Саратовской 17 и Созвездия.

### ВЫВОДЫ

1. Толщина оболочек в области спинки зерновки озимой пшеницы варьирует от 22,4 до 144,2 мкм. Выделены сорта, отличающиеся стабильностью по величине данного признака в разные годы репродукции – Виктория 95, Эльвира, Саратовская остистая. В отличие от яровой пшеницы в зерновках озимой пшеницы сортов саратовской селекции наблюдаются большие значения толщины оболочек и более существенное их варьирование.

2. Наблюдается сортоспецифичность в параметрах развития поперечных клеток перикарпа, алейроновых клеток и крахмальных зёрен эндосперма. В сравнении с сортом-стандартом Мироновская 808 большая площадь алейроновых клеток наблюдается обычно у всех сортов саратовской селекции.

3. Отмечены сортовые различия в анатомо-морфологическом строении основных структур зародыша зерновки: щитка, колеоптиля, 1-го – 3-го листьев. Наблюдается вариабельность в их развитии по годам репродукции с сохранением, как правило, сортовой специфичности. Длина 1-го – 3-го листьев эмбрионального побега зародыша зерновки у озимой пшеницы меньше, чем у яровой мягкой пшеницы.

4. Условия вегетации растений существенно сказываются на их распределении по классам вариации элементов продуктивности побега. При этом отмечается выраженная сортовая специфичность. Более благоприятные погодные условия в период инициации и развития отдельных элементов продуктивности повышает число растений, относимых к более высоким классам вариации.

5. Анализ сбалансированности развития элементов продуктивности побега показал, что практически все сорта, включая Мироновскую 808, являются не сбалансированными по развитию элементов продуктивности побегов: 1) общему числу побегов; 2) числу колосков колоса; 3) числу зерновок в колосе; 4) массы зерновок колоса. Однако в отдельные годы репродукции у некоторых сортов может наблюдаться сбалансированность элементов продуктивности побега или колоса – Саратовская остистая, Жемчужина Поволжья, Созвездие и Мироновская 808.

6. Выявлены существенные межсортовые различия по МИП каждого из элементов продуктивности. При максимальном МИП, равном 6, для каждого из сортов отмечен следующий размах варьирования по годам репродукции: по числу побегов – от 1,8 до 4,7; по числу колосков колоса – от 2,4 до 5,43; по числу зерновок колоса – от 2,04 до 4,13; по массе зерновок – от 2,52 до 4,67.

7. По сравнению с сортом-стандартом Мироновская 808 наблюдаются большие значения МИП: по общему числу побегов – Саратовская остистая, Саратовская 8, Саратовская 90, Саратовская 17 и Созвездие; по числу колосков и зерновок колоса – обычно у всех сортов саратовской селекции; по массе зерновок колоса – Саратовская 8, Саратовская 90, Саратовская 17, Созвездие.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

\* – публикации в печатных изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ

1. Ивлева М.В., Тимирова С.И., Степанов С.А. Сортовые особенности структурной организации колосонесущего междоузлия стебля пшеницы // Апомиксис и репродуктивная биология: Материалы Всерос. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения С.С. Хохлова. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2010. – С. 156–159.

2. Ивлева М.В., Тимирова С.А. Морфологические особенности развития зародыша зерновки озимой пшеницы // Исследования молодых ученых и студентов в биологии: Сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2010. – Вып. 8. – С. 44–49.

3. Ивлева М.В., Степанов С.А., Тимирова С.И. Особенности структурной организации колосонесущего междоузлия стебля пшеницы // Молодые ученые-агропромышленному комплексу Поволжья: материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2010. – С. 61–64.

4. Ивлева М.В., Прохорова Т.М., Степанов С.А. Морфология и развитие поперечных клеток перикарпа зерновок пшеницы // VII съезд общества физиологов растений России и Международная научная школа «Инновации в биологии для развития биоиндустрии сельскохозяйственной продукции»: Тезисы докладов. – Нижний Новгород, 2011. – С. 284–285.

5. Степанов С.А., Касьянова Д.А., Ивлева М.В., Тимирова С.И. Морфолого-анатомические аспекты развития междоузлия и узлов фитомеров побега пшеницы // Бюллетень Бот. сада СГУ. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2011. – Вып. 10. – С. 199–207.

6. Горюнов А.А., Ивлева М.В., Степанов С.А. Особенности распределения побегов пшеницы в агропопуляции растений по классам вариации элементов продуктивности колоса // Бюллетень Бот. сада СГУ. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2011. – Вып. 10. – С. 208–218.

7. \*Степанов С.А., Ивлева М.В., Касаткин М.Ю. Физиологическое значение листьев главной почки зародыша зерновки пшеницы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология, 2012. – Т. 12, вып. 2. – С. 57–60.

8. Ивлева М.В. Сортовые особенности развития поперечных клеток перикарпа зерновок яровой и озимой форм мягкой пшеницы // Исследования молодых ученых и студентов в биологии: Сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2012. – Вып. 10. – С. 36–39.

9. Ильин Н.С., Ивлева М.В. Сортовые особенности роста и развития зародышевой корневой системы озимой пшеницы // Исследования молодых ученых и студентов в биологии: Сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2012. – Вып. 10. – С. 40–43.

10. Романова С.А., Ивлева М.В. Структурный анализ развития элементов продуктивности колоса озимой пшеницы // Исследования молодых ученых и студентов в биологии: Сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2012. – Вып. 10. – С. 93–97.

11. \*Степанов С.А., Сигнаевский В.Д., Касаткин М.Ю., Ивлева М.В. Формирование элементов продуктивности колоса яровой мягкой пшеницы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология, 2013. – Т. 13, вып. 1. – С. 65–69.

---

Подписано в печать 27.06.2013. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Times New Roman. Печать RISO. Объем 1,0 печ. л.  
Тираж 100 экз. Заказ № 145.

---

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Центр полиграфических и копировальных услуг  
Предприниматель Серман Ю.Б. Свидетельство № 3117  
410600, Саратов, ул. Московская, д.152, офис 19, тел. 26-18-19, 51-16-28