

На правах рукописи



Пономарев Дмитрий Александрович

**Управление урожайностью и качеством зерна сортов озимой пшеницы с использованием экологической пластичности и варибельности хозяйственно-ценных признаков**

Специальность 06.01.05 – Селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2021

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко» (ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко) в 2012–2019 гг.

**Научный руководитель:** доктор сельскохозяйственных наук,  
**Кудряшов Игорь Николаевич**

**Официальные оппоненты:** **Прянишников Александр Иванович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
член-корреспондент РАН, директор  
департамента селекции и семеноводства с/х  
культур АО «Щелково Агрохим»

**Туманьян Наталья Георгиевна**  
доктор биологических наук, профессор,  
главный научный сотрудник, заведующая  
лаборатории качества, ФГБНУ «ФНЦ риса»

**Ведущее предприятие:** ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской»

Защита состоится 17.06.2021 г. в 11:00 на заседании диссертационного совета Д 220.038.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (главный корпус, 2 этаж, ауд. 209), тел./факс (8-861) 221-58-61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 и на сайте <http://www.kubsau.ru>, с авторефератом – на официальных сайтах: Высшей аттестационной комиссии – <http://www.vak.ed.gov.ru> и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» – <http://www.kubsau.ru>

Автореферат разослан «16» апреля 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор биологических наук, профессор

Цаценко Л. В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Пшеница – основная хлебная культура большинства стран мира – широко возделывается от северных полярных районов до южных пределов Африки и Америки. Ценность ее определяется высоким качеством пшеничного хлеба. Производимые из зерна пшеницы продукты по своим потребительским свойствам и доступности обеспечивают до 35-38 % калорийности пищевого рациона, в том числе от 40 до 50 % суточной потребности организма человека в белках и углеводах (Д.Д. Брежнева, В.Ф. Дорофеев, 1976).

Спрос на продукты питания к концу первой половины XXI века, вероятнее всего, удвоится. К настоящему времени самые действенные и простые пути повышения урожайности уже задействованы, поэтому дальнейший прогресс в этом направлении требует применения более сложных решений этой проблемы. Одним из таких путей является научно обоснованное использование положительных генотип-средовых эффектов при возделывании сортов, для чего требуется изучение биологических особенностей каждого сорта, его экологической пластичности и модификационной изменчивости по основным хозяйственно-ценным признакам.

**Степень разработанности темы.** Наиболее полно вопросы экологической пластичности, стабильности и модификационной изменчивости признаков изложены в работах А.А. Жученко. Данная работа основывается на его рекомендациях при разработке точных агроэкологических паспортов использовать те агротехнические приемы, которые оказывают влияние на хозяйственные признаки с высокой модификационной изменчивостью. Большое внимание этой теме уделяется в исследованиях Н.И. Вавилова, В.Ф. Герасименко, Дж. Ацци, С. Бороевича, В.А. Драгавцева, А.Б. Дьякова, Э.Г. Иванченко, С.П. Мартынова, Л.М. Лопатиной, А.Ф. Жогина, А.М. Бурдуна, В.А. Кумакова, Г.И. Петрова, Э.Л. Климашевского, Ю.Б. Коновалова, П.П. Литуна, А.А. Гончаренко, Ю.Л.

Гужова, Л.А. Беспаловой, И.Н. Кудряшова и др. В «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» разработана и внедрена в сельскохозяйственное производство «Новая сортовая политика», которая направлена на оптимизацию соответствия генетических особенностей сортов условиям их выращивания, что предполагает контроль взаимодействий *генотип x среда*, оценку сортов по экологической пластичности и модификационной изменчивости важнейших хозяйственных признаков.

**Цель исследования.** Повышение урожайности и качества зерна сортов пшеницы озимой путем воздействия на сильно модифицирующие признаки.

**Задачи исследования.** Поставленная цель достигалась посредством решения следующих задач.

1. Провести оценку сортов озимой пшеницы по вариабельности важнейших хозяйственно-ценных признаков.
2. Изучить экологическую пластичность сортов озимой пшеницы по основным хозяйственно-ценным признакам.
3. Изучить характер взаимосвязей урожайности с важнейшими хозяйственно-ценными признаками озимой пшеницы на фенотипическом, генотипическом и экологическом уровне.
4. Изучить характер взаимосвязей качества зерна с важнейшими хозяйственно-ценными признаками озимой пшеницы на фенотипическом, генотипическом и экологическом уровнях.
5. Предложить технологии получения заданного уровня урожайности и качества зерна сортов озимой пшеницы.
6. Оценить экономическую эффективность приемов повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы.

**Научная новизна и практическая значимость работы.** Впервые проведена оценка модификационной изменчивости, экологической пластичности и стабильности 39 сортов озимой пшеницы по важнейшим хозяйственным признакам. Впервые на новейших высокопродуктивных сортах проведен анализ фенотипических, генотипических и экологических

связей урожайности и качества зерна с важнейшими хозяйственными признаками. Предложена методика оценки благоприятности условий среды для растений озимой пшеницы по количеству нижних редуцированных колосков.

**Методология и методы исследований.** При планировании и проведении исследований был проанализирован большой объем информационного материала в виде информационных изданий, монографий, научных статей под редакцией российских и зарубежных ученых. Теоретико-методологической основой исследований являлись методы планирования и проведения полевого опыта, лабораторного анализа. К исследованиям применялся системный подход, экспериментальные данные получены с привлечением общепринятых методов и методик, используемых в исследованиях озимой пшеницы.

**Основные положения работы, выносимые на защиту:**

1. Ранжирование хозяйственно-ценных признаков пшеницы мягкой озимой по величине модификационной изменчивости.
2. Методика визуальной оценки благоприятности условий произрастания растений озимой пшеницы.
3. Закономерности формирования междоузлий озимой пшеницы.
4. Сорты озимой пшеницы, предлагаемые в качестве источников высокой экологической пластичности по основным хозяйственно-ценным признакам.
5. Особенности фенотипических, генотипических и экологических взаимосвязей урожайности и качества зерна озимой пшеницы с хозяйственно-ценными признаками.

**Степень достоверности и апробация работы.** Экспериментальные данные были получены с использованием современных методов сбора и оценки исходной информации, теория построена на известных, проверяемых данных и не противоречит опубликованным результатам по теме

диссертации. Научная гипотеза базируется на анализе научной литературы, соответствующей теме исследований, и имеющихся в ней результатов.

Основные результаты работы докладывались на заседании методического совета отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» (2012-2019 гг.) и на методическом совете центра (2015, 2019 гг.), на VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 110-летию П.Ф. Варухи (Краснодар, 2014), на IX Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 75-летию В.М. Шевцова (Краснодар, 24-26 ноября 2015 г.).

**Публикация результатов исследований.** Материалы исследований опубликованы в 10 печатных работах, в том числе 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получены патенты и авторские свидетельства на сорта пшеницы мягкой озимой «Ваня», озимой шарозёрной пшеницы «Ордынка», яровой твердой «Ярина», яровой тритикале «Савва». Автор участвовал в разработке находящихся в государственном сортоиспытании сортов пшеницы мягкой озимой «Лео» и «Песня», озимой тритикале «Венец» и «Гольдварг», пшеницы мягкой яровой «Тая», пшеницы твердой яровой «Ядрица», тритикале яровой «Орден».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 158 листах машинописного текста, состоит из введения, семи глав, выводов, предложений для селекционной практики и восьми приложений. Список литературных источников включает 286 наименований, в том числе 66 на иностранном языке. Иллюстрированный материал представлен 54 таблицами и 7 рисунками.

**Личный вклад автора.** Диссертационная работа выполнена лично автором, что заключалось в непосредственном участии в проведении научного эксперимента: закладке полевых опытов, получении исходных данных, их обработке и интерпретации.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Представлен анализ отечественной и иностранной научной литературы по изучаемым вопросам. Подробно рассмотрены урожайность и физиологические основы формирования во времени, а также структура. Описана архитектура растений и основополагающие факторы, влияющие на возделывание озимой пшеницы. Приведены методы оценки взаимодействия генотипа и среды.

### **Глава 2 УСЛОВИЯ, ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Экспериментальная часть работы выполнена в 2012-2015 годах на опытных полях отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, расположенных на территории центральной усадьбы ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в западной части Прикубанского округа г. Краснодара.

Почвы опытных полей представлены западно-предкавказскими легкоглинистыми выщелоченными слабогумусными сверхмощными черноземами с мощностью гумусового горизонта до 180 см и содержанием гумуса в пахотном слое до 3,26 %. Климат района расположения опытных полей института характеризуется мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом, большой суммой положительных температур за вегетационный период и неравномерным распределением осадков в течение года. Годы проведения исследований были близки по климатическим условиям к среднемноголетним, за исключением погодных условий 2012 сельскохозяйственного года, что позволило всесторонне оценить исходный селекционный материал на потенциал стабильности формирования хозяйственно-ценных признаков.

**Исходный материал и методы исследований.** Ежегодно в опыте высевалось 24 сорта по 38 агровариантам, включающим 4 предшественника, 3 срока сева, 9 вариантов азотных подкормок в два срока, 4 варианта фунгицидной обработки, нормы посева. Ежегодно проходила ротация

сортов, но каждый из них изучался не менее трех лет. Для более детального анализа взяты четыре сорта («Гром», «Таня», «Юка», «Безостая»), различные по хозяйственным признакам, вегетационным периодам, иммунитету, которые изучались четыре года. Для проведения снопового анализа были выбраны варианты, посеянные в оптимальные сроки рядовым способом по предшественнику подсолнечник и многолетние травы сеялкой СН-11-16 с нормой высева 5 млн всхожих семян на 1 га. Под основную обработку в качестве фона после предшествующей культуры подсолнечник вносили основное минеральное удобрение в дозе  $N_{48}P_{48}K_{48}$ , под многолетние травы –  $N_{32}P_{32}K_{32}$ . Азотные подкормки проводили в два срока: первую – перед возобновлением весенней вегетации, вторую – в период начала выхода в трубку. В каждый срок вносили три дозы азота:  $N_0$  и  $N_{70}$  по предшественнику подсолнечник,  $N_{35}$  по предшественнику многолетние травы. Всего за период 2012-2015 гг. было проанализировано 227 снопов 35 сортов. С 2012 по 2015 годы уборка делянок проводилась комбайном SAMPO-500. Уборка 2016-2019 годов производилась комбайном WINTERSTEIGERDELTA, оснащённым автоматическим комплексом взвешивания и системой определения фактической влажности зерна. Уборка проводилась по методике Госсорткомиссии РФ, урожайность приводили к стандартной 14 % влажности зерна.

### **ГЛАВА 3 ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ**

Рассматривается фенотипическая и экологическая (модификационная) вариабельность важнейших хозяйственных признаков.

#### **3.1 Вариабельность элементов продуктивности главного колоса**

Приводится четырехлетний статистический анализ элементов продуктивности колоса: количество колосков в колосе – общее, продуктивных и редуцированных; масса – колоса и зерна с колоса; количество зерен в колосе. За четыре года сделан структурный анализ 6587 растений, представляющих 35 сортов. Для оценки параметров изучаемых

признаков целесообразно провести первичную статистическую обработку. Большой объем обработанных данных дает большее представление и генеральной совокупности. Слабую фенотипическую вариабельность в опыте имел признак «общее количество колосков в колосе» ( $V = 9,7\%$ ). Средняя изменчивость была у признака количество продуктивных колосков в колосе ( $V = 11,0\%$ ). Высокая фенотипическая вариабельность отмечена у признаков: масса колоса ( $V = 23,7\%$ ), масса зерна с колоса ( $V = 25,1\%$ ), количество зерен в колосе ( $V = 21,8\%$ ). Признак «количество редуцированных колосков в колосе» имел очень высокую фенотипическую вариабельность ( $V = 63,3\%$ ), таблица 1.

Таблица 1 – Анализ вариационных рядов элементов продуктивности главного колоса, 2012-2015 гг., ( $n = 6587$  растений)

Статистический показатель	Значения признаков					
	количество колосков, шт.			масса, г		количество зерен в колосе, шт.
	общих	продуктивных	редуцированных	колоса	зерна	
Среднее	20,4	18,9	1,5	2,1	1,6	40,3
Мода	20,0	19,0	1,0	2,0	1,5	40,0
Медиана	20,0	19,0	1,0	2,0	1,6	40,0
Min	15,0	13,0	0	0,9	0,6	18,0
Max	25,0	25,0	6,0	4,6	3,7	73,0
Интервал	10,0	12,0	6,0	3,7	3,1	55,0
$s^2$	3,91	4,35	0,92	0,25	0,16	76,98
s	1,98	2,09	0,96	0,50	0,40	8,77
SE	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,11
V, %	9,7	11,0	63,3	23,7	25,1	21,8

### 3.2 Экологическая (модификационная) вариабельность элементов продуктивности главного колоса

Модификационная изменчивость признаков обусловлена различием средовых условий. На рисунке 1 приводятся показатели модификационной изменчивости элементов продуктивности главного колоса, обусловленные «пестротой» почвенного плодородия.

К высоконаследуемым признакам относятся общее ( $V = 5,7\%$ ) и продуктивное ( $V = 6,9\%$ ) количество колосков в колосе. Наибольшая модификационная изменчивость была у признака «количество редуцированных колосков», коэффициент вариации изменялся от 18,5 до 108,3 %, составив в среднем 59,3 %. Количество зерен в колосе, масса колоса и масса зерна с колоса имели средние показатели изменчивости, коэффициент вариации составил соответственно 15,5; 16,0 и 17,8 %.

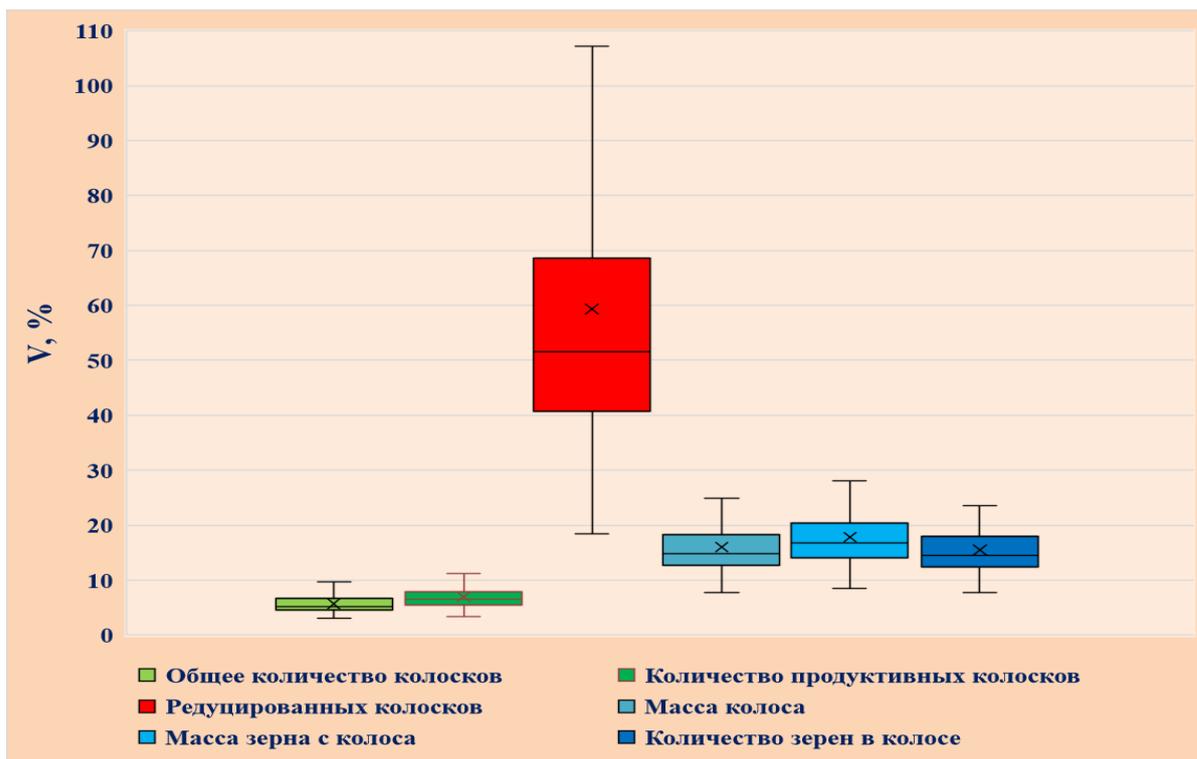


Рисунок 1 – Модификационная изменчивость элементов продуктивности главного колоса, 2012-2015 гг., метод ящички с «усами» ( $N = 227$ ).

Следовательно, при разработке агроэкологических паспортов сорта важны агроприемы, влияющие на количество зерен в колосе и на его массу. Эти данные подтверждаются статистическим анализом четырех сортов, представленных в более широком экологическом градиенте – три агроварианта за четыре года, 360 растений по каждому сорту, таблица 2.

Таблица 2 – Экологические коэффициенты вариации (V) элементов продуктивности главного колоса у сортов озимой мягкой пшеницы, 2012-2015 гг. (n = 360 растений)

Сорт	Значения V по признакам, %					
	количество колосков			масса		число зерен в колосе
	общих	продуктивных	редуцированных	колоса	зерна	
Гром	7,9	9,7	50,7	21,7	22,8	20,6
Безостая 1	6,9	8,0	52,8	16,5	18,1	16,4
Адель	6,9	8,3	56,8	19,2	20,9	19,7
Юка	6,5	9,3	57,1	22,9	22,8	19,4

Признаки «общее количество колосков в колосе» и «количество продуктивных колосков в колосе» обладают слабой модификационной изменчивостью. Они связаны между собой сильно модифицирующим признаком – количеством редуцированных колосков (КРК), который можно использовать в качестве оценки условий произрастания растений озимой пшеницы: отсутствие КРК – идеальные условия, 1 КРК – благоприятные условия, 2 КРК – хорошие условия, 3 КРК – удовлетворительные условия, 4 и более КРК – стрессовые условия, рисунок 2.



Рисунок 2 – Шкала оценки условий произрастания озимой пшеницы.

### 3.3 Вариабельность длины колоса и междоузлий озимой пшеницы

Эти показатели определяют высоту растений, которая в высокой степени связана с уборочным индексом, урожайностью и устойчивостью растений к полеганию.

Фенотипическая вариабельность признака длина колоса имела в опыте среднюю величину ( $V = 16,4\%$ ). Четыре верхних междоузлия характеризовались высокими показателями фенотипической вариабельности ( $V > 20\%$ ). Пятое междоузлие (при нумерации сверху вниз) имело сильную фенотипическую изменчивость ( $V = 40,5\%$ ), а шестое – очень сильную ( $V = 145,7\%$ ), таблица 3. Два нижних междоузлия при неблагоприятных условиях среды могли отсутствовать, а при благоприятных вносили наибольший вклад в прирост высоты растений.

Таблица 3 – Анализ вариационных рядов длины колоса и междоузлий главного побега озимой пшеницы, 2012-2015 гг. ( $n = 6587$  растений)

Статистический показатель	Длина, см						
	колоса	междоузлий (порядок сверху вниз)					
		1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	6-го
Среднее	9,3	27,6	17,9	12,9	10,1	7,5	1,7
Мода	9,0	30,0	15,0	10,0	10,0	8,0	0,0
Медиана	9,5	28,5	17,0	11,3	10,0	7,5	0,0
Min	5,0	9,0	8,0	5,5	3,0	0,0	0,0
Max	14,5	46,0	30,5	25,5	18,0	17,0	14,5
Интервал	9,5	37,0	22,5	19,5	15,0	17,0	14,5
$s^2$	2,33	45,67	13,78	11,26	6,32	9,10	6,11
s	1,53	6,76	3,71	3,36	2,51	3,02	2,47
SE	0,02	0,08	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03
V, %	16,4	24,5	20,8	26,0	24,9	40,5	145,7

Признак «длина колоса» характеризовался низкой модификационной изменчивостью, коэффициент вариации был в пределах от 3,9 до 16,6 %, составив в среднем 6,8 %. Низкие показатели коэффициента вариации были также отмечены по длинам четырех верхних междоузлий и не превышали значений в 10 %. Однако пятое междоузлие варьировало сильно: коэффициент вариации составил в среднем 26,4 %. Наиболее сильно

изменялась длина шестого междоузлия, коэффициент вариации составил в среднем 159,3 %, изменяясь от 0 до 426,7 %, рисунок 3.

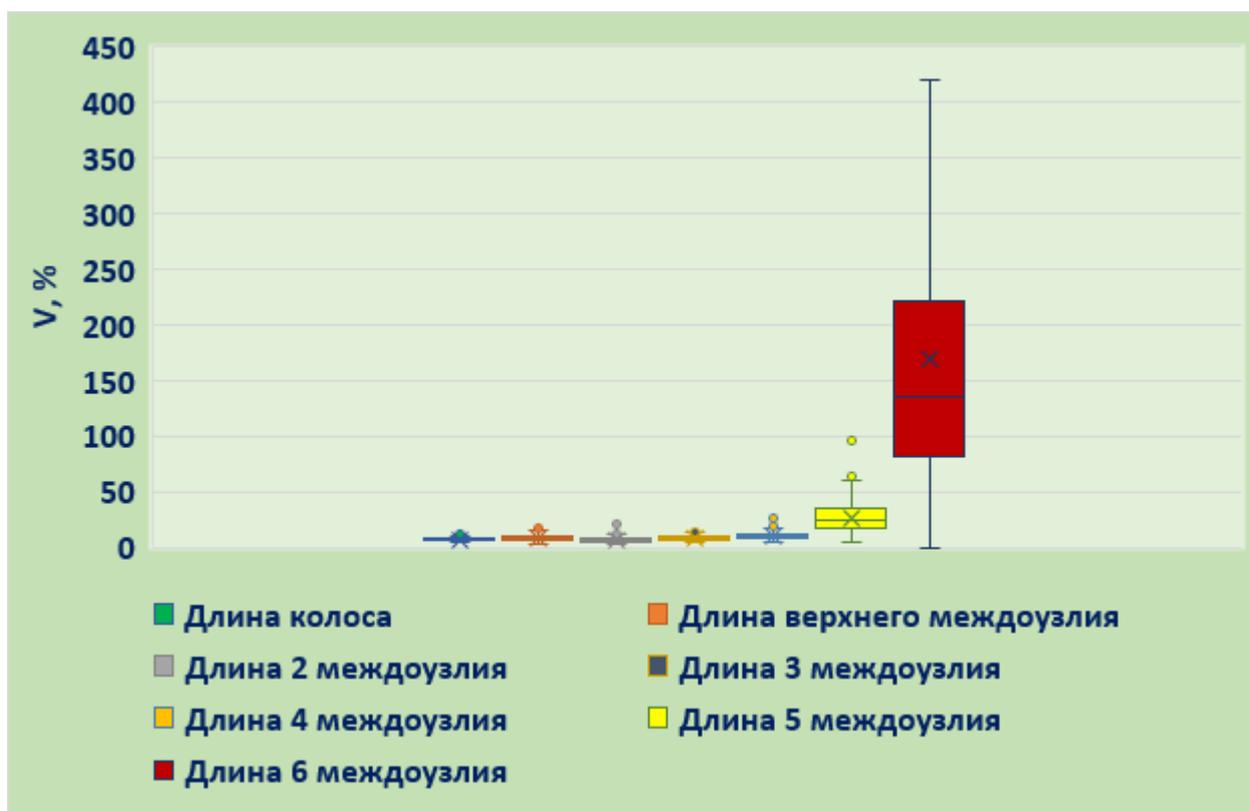


Рисунок 3 – Коэффициента вариации длины междоузлий и колоса, 2012-2015 гг., метод ящики с «усами» (n = 227).

Следовательно, при разработке технологий возделывания сорта необходимо учитывать сильную изменчивость двух нижних междоузлий, длина которых связана с устойчивостью растений к полеганию.

### 3.4 Вариабельность урожайности озимой пшеницы и элементов ее структуры в опыте

Получение урожая – одна из важнейших задач при выращивании озимой пшеницы. При планировании опыта в него включали контрастные варианты, обеспечивающие широкий спектр агротехнических условий, и генетически разнообразные сорта. Поэтому уже первичный статистический анализ изучаемых в опыте признаков указывает на их высокую вариабельность. Урожайность в опыте в среднем за изучаемый период равнялась 75,7 ц/га. Размах варьирования отмечен от минимального значения 16,1 ц/га до максимального 111,8 ц/га, интервал этих значений составлял

95,7 ц/га. Это обусловило высокий коэффициент фенотипической вариации этого признака, который составил 22,7 %, таблица 4.

Таблица 4 – Анализ вариационных рядов урожайности и ее элементов, 2012-2015 гг. (n = 3610)

Статистический показатель	Урожайность, ц/га	Количество колосьев на 1 м <sup>2</sup>	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Среднее	75,7	628,6	31,9	38,2
Мода	87,6	706,0	33,7	40,0
Медиана	80,6	628,4	31,9	38,1
Min	16,1	232,4	13,3	27,2
Max	111,8	1855,0	51,7	52,1
Интервал	95,7	1622,6	38,4	24,9
S <sup>2</sup>	294,95	17564,80	31,66	12,09
s	17,17	132,46	5,63	3,48
SE	0,29	2,20	0,09	0,06
V, %	22,7	21,1	17,6	9,1

Высокую изменчивость имел также признак количество колосьев на единицу площади, его коэффициент вариации составил 21,1 %. Максимальное значение этого показателя составило 1855, а минимальное – 232 колоса/м<sup>2</sup>. Средней изменчивостью в опыте характеризовался признак «количество зерен в колосе», у которого минимальное значение составило 13,3 зерна, а максимальное – 51,7. Фенотипический коэффициент вариации составил 17,6 %. Признак «масса 1000 зерен» изменялся в опыте от 27,2 до 52,1 г. Коэффициент вариации составил 9,1 %, что указывает на низкий уровень вариабельности, несмотря на широкое разнообразие средовых условий и изучающихся сортов.

#### **ГЛАВА 4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ СОРТОВ ПО ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ**

Экологическая пластичность является важной составляющей изменчивости, она характеризует отзывчивость сортов на улучшение или ухудшение средовых условий. Для успешной оценки экологической пластичности сорта схема опыта должна включать набор генетически разнообразных сортов в широком градиенте средовых условий. О

достоверности оценки можно судить по результатам как минимум трехлетних исследований, за восьмилетний период проведения этой работы этим условиям соответствуют 39 сортов. Из них к высокопластичным ( $b_i > 1,1$ ) по урожайности можно отнести сорта: «Таня», «Гром», «Табор», «Трио», «Васса», «Еремеевна», «Стан», «Велена», «Веха», «Безостая 100», «Степь», «Ваня», «Тимирязевка 150», «Собербаш»; к низкопластичным ( $b_i < 0,9$ ): «Ольхон», «Доля», «Безостая 1», «Дуплет».

При формировании урожайности важно представлять, к какой модели относится используемый сорт. Оценка экологической пластичности одновременно по колосостоя и количеству зерен в колосе позволяет судить, к какой группе относится сорт: к кустящимся, крупноколосым или к промежуточной группе. Сорта, относящиеся к первым двум группам, должны иметь высокую пластичность по одному признаку и низкую – по другому, как, например, сорта «Гром» и «Васса», таблица 5.

Таблица 5 – Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы по количеству колосьев на единицу площади и числу зерен в колосе, 2012-2019 гг. (методика по Эберхарту и Расселю, 1966 г.)

Сорт	Показатель экологической пластичности ( $b_i$ ) сортов по годам							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	Количество колосьев на единицу площади							
Гром	1,16	1,20	1,23	1,55	1,17	1,01	1,06	1,21
Васса	0,82	0,99	0,90	0,93	0,90	-	-	-
	Число зерен в колосе							
Гром	0,65	0,54	0,92	1,18	1,06	0,54	0,98	1,04
Васса	1,50	2,04	1,08	0,85	0,90	-	-	-

К кустящимся сортам по результатам наших исследований можно отнести также сорта «Таня», «Еремеевна», а к крупноколосым – «Доля», «Баграт», «Ваня», «Видея». Большинство изученных сортов относятся к промежуточному типу.

В работе также была проведена оценка экологической пластичности сортов и по другим хозяйственно-ценным признакам: массе 1000 зерен, высоте растений, натуре зерна, емкости ценоза, содержанию протеина и клейковины в зерне. Последние два признака относятся к характеристикам

сорта по качеству зерна, к высокопластичным сортам по этим признакам относятся: «Ольхон», «Доля», «Еремеевна», «Антонина», «Маркиз», «Дуплет», «Караван», «Собербаш».

## **ГЛАВА 5 ВЗАИМОСВЯЗЬ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ С УРОЖАЙНОСТЬЮ**

Наибольшую взаимосвязь с урожайностью в опыте имел признак «количество зерен, формируемых на единице площади» (емкость ценоза). Как правило, значения коэффициентов корреляции между этими признаками указывают на высокий уровень фенотипических, генотипических и экологических связей, причем в четыре года из восьми экологическая взаимосвязь была практически функциональной, таблица 6.

Таблица 6 – Фенотипические, генотипические и экологические коэффициенты корреляции между урожайностью и емкостью ценоза, 2012-2019 гг.

Год	$r_{\phi}$	$r_g$	$r_e$
2012	0,92**	0,75**	0,99**
2013	0,79**	0,60**	0,94**
2014	0,85**	0,74**	0,95**
2015	0,75**	0,78**	0,78**
2016	0,70**	0,85**	0,49**
2017	0,75**	0,84**	0,71**
2018	0,91**	0,77**	0,98**
2019	0,52**	0,62**	0,29

Достоверно: \* – на 5 % уровне значимости;  
\*\* – на 1 % уровне значимости.

Нами был также проведен подробный анализ влияния на урожайность на фенотипическом, генотипическом и экологическом уровне элементов структуры урожая: колосостоя, количества зерен в колосе, массы 1000 зерен, массы зерна с колоса, высоты растений, натуры зерна. Полученные данные позволяют осуществлять системный подход при планировании в производстве уровня урожайности сортов озимой пшеницы.

## **ГЛАВА 6 ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

За восьмилетний период изучения фенотипическая связь между содержанием белка в зерне и урожайностью варьировала от отрицательной

до положительной на низком или среднем уровне значений коэффициентов корреляции (таблица 7). Генотипическая корреляция была отрицательной с высокими или средними значениями коэффициентов в зависимости от условий года. Поскольку благоприятные для формирования высокого урожая средовые условия зачастую способствуют получению высококачественного зерна, экологические коэффициенты корреляции изменялись по годам: от низких и средних отрицательных до средних и высоких положительных.

Таблица 7 – Фенотипические, генотипические и экологические коэффициенты корреляции между урожайностью и количеством белка в зерне, 2012-2019 гг.

Год	$r_{\phi}$	$r_g$	$r_e$
2012	-0,40**	-0,69**	-0,33*
2013	0,27**	-0,53**	0,63**
2014	-0,32**	-0,68**	-0,17
2015	-0,07	-0,66**	0,32*
2016	-0,36**	-0,78**	-0,12
2017	-0,01	-0,83**	0,42**
2018	0,32**	-0,86**	0,83**
2019	-0,49**	-0,81**	-0,26

Достоверно: \* – на 5 % уровне значимости;

\*\* – на 1 % уровне значимости.

При анализе взаимосвязей хозяйственных признаков с качеством зерна необходимо учитывать их опосредованное влияние через признак «урожайность». Генотипические коэффициенты корреляции между количеством колосьев на единице площади и содержанием белка в зерне варьировали по годам на среднем уровне значений: от отрицательных до положительных, а экологические связи были в основном положительными и высокими. Количество зерен в колосе имело средний уровень отрицательной генотипической связи с содержанием белка и низкий уровень экологической связи. Масса 1000 зерен генотипически недостоверно влияла на содержание белка, а экологическая связь была отрицательной от среднего до высокого уровня. Высота растений в отдельные годы на среднем уровне была генотипически положительно связана с содержанием белка, экологическая

связь была положительной на среднем и высоком уровне взаимосвязи в зависимости от условий года.

## ГЛАВА 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ СОРТА «ВАНЯ» В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Принцип «мозаичного» размещения сортов, основанный на системном использовании положительных эффектов генотип-средовых взаимодействий, предполагает изучение их биологических особенностей. Новый сорт озимой пшеницы «Ваня» в 2018 году был включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию в производстве. Изучение его в опытах по агроэкологической паспортизации позволило сделать нам вывод о его узкой специализации, поскольку он имеет преимущество перед стандартами при возделывании по лучшим предшественникам на высоком агрофоне. За три года изучения сорт «Ваня» превысил по урожайности стандартный сорт «Юка» по предшественнику эспарцет на 7,3 ц/га, а сорт «контроль Безостая 1» на 29,2 ц/га. Этому способствовала более эффективная архитектура сорта, его устойчивость к полеганию и листовым болезням. Высокая урожайность и отличные показатели качества зерна по предшественнику эспарцет обусловили более высокие показатели экономической эффективности сорта «Ваня» над стандартом (таблица 8).

Таблица 8 – Урожайность и качество зерна сорта «Ваня» пшеницы озимой мягкой в опытах по паспортизации, 2016-2018 гг.

Предшест- венник	Количество сортоопытов по сорту	Урожайность, ц/га			Содержание протеина в зерне, %		
		Ваня	Юка, ст.	Б-1*	Ваня	Юка, ст.	Б-1*
Эспарцет	36	93,2	85,9	64,0	14,0	14,0	15,6
Колосовой	6	85,6	89,4	59,7	14,2	13,5	15,5
Кукуруза	36	84,1	88,2	65,5	12,8	12,2	13,9
Подсолнечник	36	79,9	81,7	65,0	12,6	11,9	13,8
<b>Среднее</b>	<b>114</b>	<b>85,7</b>	<b>85,5</b>	<b>64,6</b>	<b>13,2</b>	<b>12,8</b>	<b>14,5</b>

\* контроль Безостая 1

В среднем за три года на 12 агровариантах по предшественнику эспарцет сорт «Ваня» обеспечил получение чистого дохода в размере 90 722 руб./га, а уровень его рентабельности составил 232 %, что, соответственно, на 10 654 рубля и 28 % выше по сравнению со стандартным сортом «Юка» (таблица 9).

Таблица 9 – Экономическая эффективность возделывания сорта «Ваня» пшеницы мягкой озимой по предшественникам, 2016-2018 гг.

Предшест- венник	Затраты на 1 га, руб.	Чистый доход с 1 га, руб.			Рентабельность, %		
		Ваня	Юка,ст.	Б-1*	Ваня	Юка,ст.	Б-1*
Эспарцет	39300	90722	80068	55212	232	204	141
Колосовой	41089	78207	81864	46486	190	199	113
Кукуруза	37619	75153	78268	53692	199	207	143
Подсолнечник	37619	69143	70407	52821	183	187	141
<b>Среднее</b>	<b>38322</b>	<b>78322</b>	<b>76543</b>	<b>53517</b>	<b>204</b>	<b>200</b>	<b>140</b>

\* контроль Безостая 1

Превышение над высококачественным сортом «Безостая 1» имело еще большие значения: соответственно, 35 510 руб./га и 91 %. Возделывание сорта «Ваня» по подсолнечнику, кукурузе на зерно и колосовому предшественнику позволяло получать высокие показатели экономической эффективности, хотя они уступали стандарту «Юка». В целом же сорт «Ваня» имел преимущество по лучшим предшественникам при посеве в оптимальные сроки на высоком агрофоне с пониженными нормами высева и минимальным количеством фунгицидных обработок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По результатам четырехлетнего (2012-15 гг.) структурного анализа растений (39 сортов, 6587 растений) установлено фенотипическое разнообразие изучаемого материала: высокое ( $V > 20\%$ ) по количеству колосьев на единице площади, количеству редуцированных колосков, массе колоса, массе зерна с колоса, количеству зерен в колосе, количеству зерен на 1 см длины колоса, длины всех шести междоузлий; среднее ( $10\% < V < 20\%$ ) по количеству продуктивных колосков, массе 1000 зерен, плотности колоса, количеству зерен в колоске, длине колоса, высоте растений; низкое ( $V < 10\%$ ) по количеству колосков в колосе.

2. Модификационная изменчивость связана с отзывчивостью признаков на изменение агротехнических условий. Высокое ее значение отмечено у

признаков «количество редуцированных колосков в колосе», «масса колоса», «масса зерна с колоса», двух нижних междоузлий; среднее – у количества зерен в колосе, количества зерен в колоске, количества зерен на 1 см длины колоса, четырех верхних междоузлий, высоты растений; низкое – у количества продуктивных и всех колосков в колосе, массе 1000 зерен, плотности и длине колоса.

3. Признаки «общее количество колосков в колосе» и «количество продуктивных колосков в колосе», обладая слабой модификационной изменчивостью, связаны между собой сильно модифицирующим признаком – количеством редуцированных колосков (КРК), который можно использовать в качестве оценки благоприятности условий произрастания растений озимой пшеницы: отсутствие КРК – идеальные условия, 1 КРК – благоприятные условия, 2 КРК – хорошие условия, 3 КРК – удовлетворительные условия, 4 и более КРК – стрессовые условия.

4. Известно, что у пшеницы длина междоузлий последовательно увеличивается снизу вверх. Однако модификационная изменчивость их от нижних к верхним, наоборот, уменьшается. При этом два нижних междоузлия зачастую вносят основной вклад в прирост высоты растений.

5. По результатам восьмилетней оценки экологической пластичности сортов пшеницы к высокопластичным сортам можно отнести: по урожайности – «Гром», «Таня», «Табор», «Трио», «Васса», «Прасковья», «Еремеевна», «Стан», «Велена», «Веха», «Безостая 100», «Жива», «Степь», «Тимирязевка 150», «Собербаш»; низкопластичным – «Лауреат», «Ольхон», «Доля», «Безостая 1», «Баграт», «Дуплет», «Караван».

6. К высокопластичным сортам по количеству колосьев на единицу площади относятся: «Гром», «Таня», «Еремеевна»; по озерненности колоса: «Васса», «Доля», «Баграт», «Ваня»; по массе 1000 зерен: «Трио», «Лауреат», «Ольхон», «Васса», «Стан», «Велена», «Веха», «Жива», «Ваня», «Герда»; по содержанию протеина в зерне: «Ольхон», «Антонина», «Дуплет», «Караван», «Собербаш».

7. Количество сформированных зерен на единице площади (емкость ценоза) было в наибольшей степени связано с величиной урожайности. Практически во все годы наблюдался высокий уровень фенотипических и

генотипических взаимосвязей этих признаков, а экологическая взаимосвязь в отдельные годы (2012-14, 2018 гг.) была практически функциональной.

8. Количество колосьев на единице площади положительно коррелировало с урожайностью от низкого и среднего уровня по годам у фенотипических и генотипических связей до высоких значений экологических связей. Количество зерен в колосе в большинстве случаев имело средний положительный уровень взаимосвязи с урожайностью. Масса 1000 зерен имела с урожайностью слабую связь в большинстве исследуемых лет.

9. Содержание белка в зерне и высота растений имеют с урожайностью, как правило, отрицательную генотипическую связь и положительную экологическую. Разнонаправленность генотипической и экологической взаимосвязей дает возможность использовать эти признаки в качестве фоновых для оценки главного селекционного признака – урожайности.

10. Сорт пшеницы мягкой озимой «Ваня» включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2018 году. Относится к узкоспециализированным сортам, поскольку имеет преимущество на высоком агрофоне. При возделывании его по предшественнику эспарцет его урожайность за три года (2016-18 гг.) по 12 агровариантам составила 93,2 ц/га, что на 7,3 выше стандартного сорта «Юка». При этом чистый доход у сорта «Ваня» составил 90 722 руб./га, а рентабельность 232 %, что, соответственно, на 10 654 руб./га и на 28 % выше, чем у сорта «Юка».

#### **Рекомендации для селекционной практики и производства**

1. Для оценки условий произрастания озимой пшеницы использовать шкалу, основанную на высокой модификационной изменчивости признака «количество редуцированных нижних колосков в колосе».

2. В связи с высокой модификационной изменчивостью двух нижних междоузлий использовать во время их формирования ретарданты и избегать внесения азотных подкормок.

3. Использовать в селекции в качестве источников высокой пластичности хозяйственных признаков: кустистости – сорта «Гром», «Таня», «Еремеевна»; по количеству зерен в колосе – сорта «Васса», «Ваня», «Баграт»; по содержанию белка – сорта «Антонина», «Дуплет», «Караван», «Собербаш».

4. Для получения стабильно высоких урожаев качественного зерна высевать на высоком агрофоне сорт озимой пшеницы «Ваня» с нормой высева 4 млн всхожих семян на 1 га.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

### Работы в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Кудряшов И.Н. Модификационная изменчивость элементов продуктивности колоса пшеницы мягкой озимой / И.Н. Кудряшов, **Д.А. Пономарев**, А.В. Михалко, Н.И. Лысак, Е.А. Команов // Рисоводство. – 2019. – № 2 (43). – С. 22-28.

2. Кудряшов И.Н. Актуальность сортовых структур при производстве озимой пшеницы в современных условиях / И.Н. Кудряшов, Л.А. Беспалова, **Д.А. Пономарев** // Зерновое Хозяйство России. – 2016. – № 1. – С. 9-13.

3. Беспалова Л.А. Сортовые структуры – системный фактор интенсификации селекции и производства зерна пшеницы / Л.А. Беспалова, И.Н. Кудряшов, А.Н. Аулов, **Д.А. Пономарев**, Е.А. Команов // Земледелие. – 2014. – №5. – С.41-43.

### Работы в прочих изданиях

4. Кудряшов И.Н. Опыт агроэкологической паспортизации сортов озимой пшеницы в национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко / И.Н. Кудряшов, **Д.А. Пономарев**, Н.И. Лысак, Л.А. Беспалова // В книге: VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры генетики СПбГУ. – Сборник тезисов Международного Конгресса. – 2019. – С. 1122.

5. Беспалова Л.А. Современная сортовая политика озимой пшеницы / Л.А. Беспалова, В.Р. Керимов, И.Н. Кудряшов, А.В. Михалко, **Д.А. Пономарев** // В сборнике: Перспективы новых и интродукция зарубежных сортов зерновых колосовых, зернобобовых культур в республике Узбекистан. – Научно-исследовательский институт зерна и зернобобовых культур. – 2019. – С. 29-34.

6. Кудряшов И.Н. Роль Калмыкии в повышении достоверности системных опытов / И.Н. Кудряшов, **Д.А. Пономарев**, Н.И. Лысак, М.В. Боктаев // В сборнике: Селекция и семеноводство – основа продуктивности полей. Сборник научных трудов. – ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко». – ФГБНУ «Калмыцкий научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Б. Нармаева». – 2017. – С. 29-34.

7. Боровик А.Н. Пшеница шарозёрная озимая: результаты селекции и перспективы использования в засушливых условиях Калмыкии / А.Н. Боровик, Л.А. Беспалова, Т.Ю. Мирошниченко, В.Г. Цвиринько, **Д.А. Пономарев**, А.Ю. Белякова, Б.А. Гольдварг // В сборнике: Селекция и семеноводство – основа продуктивности полей. – Сборник научных трудов. – ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко». – ФГБНУ «Калмыцкий научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Б. Нармаева». – 2017. – С. 69-78.

8. **Пономарев Д.А.** Экологическая пластичность сортов озимой пшеницы по урожайности и качеству зерна / **Д.А. Пономарев**, И.Н. Кудряшов // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. – 2016. – С. 690-692.

9. **Пономарев Д.А.** Управление агрофитоценозом озимой пшеницы с учетом нормы реакции морфобиологических признаков / **Д.А. Пономарев**, И.Н. Кудряшов // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 110-летию П.Ф. Варухи. – 2014. – С. 152-153.

10. Кудряшов И.Н. Влияние агроэкологических условий на показатели продуктивности озимой пшеницы / И.Н. Кудряшов, **Д.А. Пономарев**, А.Н. Аулов // В сборнике: 100 лет на службе АПК: традиции, достижения, инновации. – Сборник научных трудов в честь 100-летия со дня основания Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. – Государственное научное учреждение Краснодарский НИИСХ имени П.П. Лукьяненко. – Краснодар. – 2014. – С. 113-120.

#### **Патенты:**

1. Пшеница мягкая озимая Ваня – авторское свидетельство № 66889 от 22.01.2018, патент на селекционное достижение № 9449 от 23.12.2014.

2. Пшеница мягкая озимая Ордынка – авторское свидетельство № 71980 от 04.09.2020, патент на селекционное достижение № 11228 от 28.12.2016.

3. Пшеница твердая яровая Ярина – авторское свидетельство № 74293 от 21.05.2020, патент на селекционное достижение № 11069 от 29.11.2017.

4. Тритикале яровая Савва – авторское свидетельство № 74291 от 26.05.2020, патент на селекционное достижение № 11101 от 29.11.2017.

Научное издание

**Пономарев Дмитрий Александрович**

**УПРАВЛЕНИЕ УРОЖАЙНОСТЬЮ И КАЧЕСТВОМ ЗЕРНА  
СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ  
ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ**

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60 x 84 <sup>1/16</sup>

Усл. печ. л. – 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_

Типография Кубанского государственного аграрного университета.

350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13