

Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 217-232.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2021. Vol. 104, no 4. P. 217-232.

КОРМОПРОИЗВОДСТВО И КОРМА

Научная статья
УДК 633.11(470.56)
doi:10.33284/2658-3135-104-4-217

Величина и структура урожая зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях засухи разного типа

Ольга Сергеевна Гречишкина¹, Роза Дошмовна Хутамбирдина², Михаил Павлович Мордвинцев³

^{1,2,3}Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

¹vip.olga1979@gmail.com

²rhutam-birdina@gmail.com

³mormp56@mail.ru

Аннотация. Анализируются результаты изучения величины и сопряжённой изменчивости урожая зерна и его структурных элементов у сортов яровой мягкой пшеницы рабочей коллекции Оренбургского государственного аграрного университета в резко различных погодных условиях – при раннелетней (2019 год) и длительной (2020 год) засухе. По методике государственного конкурсного испытания в течение двух лет изучено 19 сортов, в настоящее время или ранее рекомендованных к возделыванию в Уральском регионе сортового районирования России, у которых определены урожайность зерна и 12 структурных элементов урожая. Высокую устойчивость к засухе обоих типов продемонстрировали сорта Кинельская волна и Оренбургская 23, которые перспективны как исходный материал для селекции на урожайность в условиях засух. Корреляционным и путевым анализами установлены изменения в составе и количестве признаков продуктивности агроценоза и растений, сопряжённых с урожайностью сортов в разные годы. Выявлено, что в условиях засух разного типа ведущими структурными элементами урожая зерна пшеницы в её сорто-вом разнообразии являются разные компоненты (плотность продуктивного стеблестоя при раннелетней засухе и масса 1000 зёрен главного колоса при длительной засухе). Поэтому при разных типах засух высокопродуктивные генотипы следует отбирать по выраженности разных структурных элементов урожая.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорта, засуха, урожайность, структура урожая, коэффициенты корреляции и пути, Оренбургская область

Для цитирования. Гречишкина О.С., Хутамбирдина Р.Д., Мордвинцев М.П. Величина и структура урожая зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях засухи разного типа // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 217-232. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-217>

FODDER PRODUCTION AND FODDERS

Original article

Amount and structure of grain yield of spring soft wheat varieties in various types of drought conditions

Olga S Grechishkina¹, Roza D Khutambirdina², Mikhail P Mordvintsev³

^{1,2,3}Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

¹vip.olga1979@gmail.com

²rhutam-birdina@gmail.com

³mormp56@mail.ru

Abstract. The article analyzes the results of studying the magnitude and coupled variability of grain yield and its structural elements in spring soft wheat varieties of the working collection of the Orenburg State Agrarian University in sharply different weather conditions – with early summer (2019) and long (2020) drought. According to the method of competitive state testing, 19 varieties were studied for two

years. These varieties were currently or previously recommended for cultivation in the Ural region of varietal zoning of Russia, which determined a grain yield and 12 structural elements of the crop. The varieties Kinelskaya Volna and Orenburgskaya 23, which are promising as a source material for breeding for productivity in drought conditions, demonstrated high resistance to drought of both types. Correlation and path analyzes have established changes in the composition and number of productivity traits of agrocenosis and plants associated with the productivity of varieties in different years. It was revealed that under conditions of different droughts types, the leading structural elements of the grain yield of wheat in its varietal diversity are different components (the density of the productive plant stand during early summer drought and the weight of 1000 grains of the main spike during prolonged drought). Therefore, for different types of droughts, highly productive genotypes should be selected according to the severity of different structural elements of the yield.

Keywords: spring soft wheat, varieties, drought, yield, yield structure, correlation coefficients and paths, Orenburg region

For citation: Grechishkina OS, Khutambirdina RD, Mordvintsev MP. Amount and structure of grain yield of spring soft wheat varieties in various types of drought conditions. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):217-232. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-217>

Введение.

Основной зерновой культурой в растениеводческой отрасли Оренбургской области, как и всей Российской Федерации, является яровая мягкая пшеница (Система устойчивого развития ... , 2019). Среди факторов, обеспечивающих получение высоких урожаев этой ценной для агропромышленного комплекса области культуры, одним из наиболее важных является правильный подбор либо создание сорта, который более других приспособлен (адаптирован) к конкретным природно-климатическим и производственным условиям выращивания (Жученко А.А., 2001; Вьюшков А.А., 2004; Вьюшков А.А. и др., 2012). В этой связи в Оренбургском государственном аграрном университете (Оренбургском ГАУ) ведётся работа по созданию новых сортов яровой мягкой пшеницы для засушливых районов Оренбуржья (Краснова Л.И. и др., 2012; Краснова Л.И. и др., 2020).

Характерная особенность климата Оренбургской области – засушливость, частое проявление засух того или иного типа (Агроклиматические ресурсы ... , 1971). Сорта яровой мягкой пшеницы, как и других полевых культур, по-разному реагируют на засуху, что отражается на величине их урожая зерна. Но поскольку повышение урожайности является одним из основных направлений селекционной работы по яровой мягкой пшенице, для селекционеров Оренбуржья с его характером климата и погодных условий важно понимать особенности формирования урожая зерна разными по засухоустойчивости сортами пшеницы в условиях засухи того или иного типа.

Совокупность, соотношение и взаимосвязь отдельных элементов продуктивности растений и элементов урожая их сообществ (посевов или агроценозов) образуют собой структуру урожая (Денисов П.В., 1970). Селекционерам очевидна необходимость изучения у селектируемой культуры структуры урожая зерна и взаимной сопряжённости его структурных элементов, поскольку это подсказывает пути повышения продуктивности посевов и создания высокоурожайных сортов для конкретных условий возделывания (Козлов Ю.Д. и Мордвинцев М.П., 1985; Тихонов В.Е. и Зенкова Н.А., 2002; Вьюшков А.А., 2004; Мухитов Л.А. и Шапилова Н.А., 2008; Таранова Т.Ю. и др., 2021).

Цели исследования.

1. Изучить в условиях центральной зоны Оренбургской области в годы с резко различными метеорологическими условиями, характерными для засух разного типа, величину и изменчивость урожая зерна и его структурных элементов, рекомендованных к возделыванию в Уральском и соседних регионах сортов яровой мягкой пшеницы.
2. Установить особенности взаимосвязей изученных структурных элементов урожая сортов пшеницы в условиях засухи разного типа путём определения парных коэффициентов корреляции и путевых коэффициентов.

3. Выявить прямое и косвенное влияние различных элементов структуры урожая на зерновую продуктивность сортов и определить элементы, более других сопряжённые с изменчивостью урожайности сортов.

4. По результатам выполненного исследования выделить современный исходный материал, наиболее пригодный для целенаправленного использования в селекции на урожайность в условиях засух.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. 19 сортов рабочей коллекции яровой мягкой пшеницы в Оренбургском ГАУ, в настоящее время (в большинстве своём) или ранее рекомендованных к возделыванию в 9-м (Уральском) регионе сортового районирования России, в котором располагается Оренбургская область: Кинельская отрада (сокращённое обозначение в таблицах и на графиках **КО**), Кинельская нива (соответственно **КН**), Кинельская 2010 (**К-2010**), Кинельская волна (**КВ**), Кинельская юбилейная (**КЮ**), Тулайковская 105 (**Т-105**), Тулайковская 108 (**Т-108**), Экада 113 (**Э-113**), Тулайковская золотистая (**ТЗ**), Фаворит (**Ф**), Саратовская 42 (**С-42**), Альбидум 32 (**А-32**), Оренбургская 23 (**О-23**), Челябинская степная (**ЧС**), Челябинская юбилейная (**ЧЮ**), Ульяновская 100 (**У-100**), Воронежская 10 (**В-10**), Тулеевская (**Т**), Hoffmann (**Н**).

Характеристика территории, природно-климатические условия. Учебно-опытное поле Оренбургского ГАУ, где выполнены исследования, расположено в засушливом агроклиматическом районе Оренбургской области, в её центральной природно-климатической зоне (Агроклиматические ресурсы ... , 1971). Характерные особенности климата – крайняя неустойчивость погодных условий выращивания зерновых культур (в том числе яровой пшеницы), часто повторяющиеся засухи, неравномерное распределение осадков в течение вегетационного периода.

Исследования проведены в 2019 и 2020 годах. Для характеристики метеорологических условий в период вегетации яровой пшеницы в эти годы использовали архивные данные метеостанции расположенной по соседству с Учебно-опытным полем Оренбургского ГАУ Оренбургского аэропорта.

Метеорологические условия 2019 года в первой половине вегетации яровой пшеницы (особенно в июне) сложились неблагоприятно для роста, развития растений и формирования ими урожая зерна (рис. 1), что позволяет говорить о раннелетней (или весенне-летней) засухе.

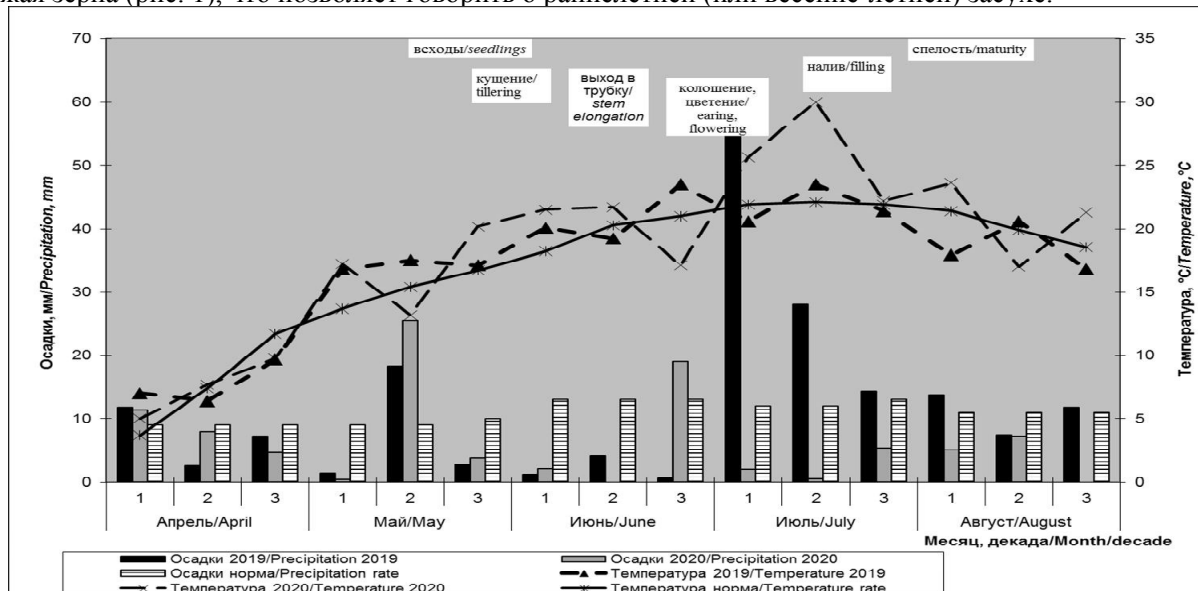


Рис. 1 – Выраженность в годы исследований основных метеорологических факторов за сезон апрель-август и прохождение пшеницей фаз развития

Figure 1 – Expression of the main meteorological factors in the years of research for the April-August season and the passage of wheat through the development phases

В дальнейшем (начиная с фазы колошения и цветения пшеницы) погодные условия в 2019 году оказались вполне благоприятными для этой культуры: обильные осадки в июле (особенно в его первой декаде) и в пределах среднесезонной величины – в августе, при температуре воздуха в оба месяца в пределах или чуть ниже нормы.

Метеорологические условия 2020 года в первой половине вегетационного периода яровой пшеницы были схожими с таковыми в предыдущем году (рис. 1), т. е. засушливыми. Но и во второй половине вегетации наблюдались недостаточное по сравнению с нормой количество атмосферных осадков (особенно в июле) и несколько повышенные температуры воздуха (наиболее значительные – тоже в июле), что позволяет говорить о засухе в течение всей вегетации яровой пшеницы, то есть о длительной засухе.

Схема эксперимента. Изучение сортов пшеницы проводили по методике государственного конкурсного испытания сельскохозяйственных культур (Методика государственного сортоиспытания ... , 1985). Сорта Кинельская отрада, Кинельская нива, Кинельская 2010, Кинельская волна и Кинельская юбилейная выведены селекционерами Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (Самарская область). Тулайковская 105, Тулайковская 108, Экада 113 и Тулайковская золотистая созданы в Самарском НИИ сельского хозяйства (или с его участием). Сорта Фаворит и Саратовская 42 выведены в НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, Альбидум 32 – на Краснокутской селекционной опытной станции этого НИИ (Саратовская область). Сорт Оренбургская 23 – селекции Оренбургского НИИ сельского хозяйства, Челяба степная и Челяба юбилейная – Челябинского НИИ сельского хозяйства, Ульяновская 100 – Ульяновского НИИ сельского хозяйства, Воронежская 10 – НИИ сельского хозяйства Центрально-чернозёмной полосы им. В.В. Докучаева (Воронежская область). Сорт Тулеевская создан в Кемеровской области селекционером З.П. Ананьевой (Ресурсный потенциал ... , 2019; Сорта растений ... , 2021). Сорт Hoffman – канадской селекции, в рабочую коллекцию включен благодаря стабильной урожайности и устойчивости к пыльной головне (Харина А.В., 2015).

Размещение делянок сортов – систематическое, в 4-х повторениях (ярусами), со смещением в каждом повторении. Учётная площадь каждой делянки – 25 м². Пшеницу высевали на полях селекционно-семеноводческого севооборота по пару. Агротехника её выращивания соответствовала существующим зональным рекомендациям (Система ведения ... , 1986).

Для определения структурных элементов урожая в фазу полной спелости зерна (перед уборкой) на делянках двух несмежных повторений каждого сорта отбирали пробные снопы растений (с четырёх накладок на делянке, общей площадью 1 м²), которые затем подвергали структурному анализу.

Уборку урожая зерна осуществляли после полного созревания всех сортов и отбора пробных снопов, учёт урожайности проводили методом сплошного обмолота растений каждой делянки опыта селекционно-семеноводческим комбайном. Поделяночно убранный урожай очищали на аспирационной колонке, чтобы удалить примесь половы и сорняков. Взвешивали урожай зерна также поделяночно, хозяйственную урожайность пересчитывали на 100 % чистоту зерна и его 14 % влажность.

После структурного анализа для изучения были взяты 12 признаков сортов – структурных элементов урожая, а именно: признаки продуктивности агроценоза – плотность продуктивного стеблестоя (сокращённое обозначение в таблицах и на графиках **ППС**) и продуктивная кустистость (соответственно **ПК**); признаки продуктивности растения – число зёрен и масса зерна с колоса в среднем (или среднего колоса – **ЧЗСК** и **МЗСК**) и масса 1000 зёрен всего растения (**М_{1000Р}**); признаки продуктивности главного колоса – число зёрен и масса зерна с главного колоса (**ЧЗГК** и **МЗГК**), масса мякины главного колоса (**ММГК**) и масса 1000 зёрен главного колоса (**М_{1000ГК}**); признаки продуктивности боковых колосьев – число зёрен и масса зерна с боковых колосьев (**ЧЗБК** и **МЗБК**) и масса 1000 зёрен боковых колосьев (**М_{1000БК}**).

Оборудование и технические средства. При проведении полевых исследований использовали трактор МТЗ 80, культиватор КПС-4, бороны зубовые и кольчатые катки (Россия), сеялку «Plotseed XL» (Австрия) с порционным высевальным аппаратом, селекционно-семеноводческий комбайн Сампо-Ростов 2010 (Россия), аспирационную колонку АК-1 (Россия).

При проведении камеральных исследований в лаборатории Учебно-опытного поля Оренбургского ГАУ (анализа структуры урожая зерна) использовали весы площадочные и лабораторные, мерные линейки, секаторы, и другие необходимые средства и оборудование.

Статистическая обработка. Поделеночные значения урожайности зерна сортов пшеницы статистически обработали методом дисперсионного анализа, а парные коэффициенты корреляции Пирсона определили между всеми находящимися в изучении количественными признаками с использованием общепринятых методик (Доспехов Б.А., 1985). Расчёт коэффициентов пути (путевой анализ) провели в соответствии с методикой S. Wright, описанной в работе А.Н. Седловского с соавторами (Седловский А.Н. и др., 1982). Необходимые статистические расчёты выполнили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 6.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты исследования.

В течение двух лет выполненного исследования первый, вегетативный период роста и развития сортов яровой мягкой пшеницы (до колошения и цветения), проходил в сравнительно одинаковых условиях раннелетней засухи (подекадные значения гидротермического коэффициента – ГТК, характеризующего засушливость погоды, были много меньше 1,0). Но вот во время второго, генеративного периода вегетации культуры (начиная с фазы колошения) метеорологические условия сильно различались: в 2019 году ГТК был много больше 1,0 (особенно в июле, благодаря выпадению осадков), тогда как в 2020 году ГТК по-прежнему оставался много меньше 1,0, т. е. засуха продолжалась, приобретая длительный характер (рис. 1).

В резко различающихся по метеорологическим условиям и типу засухи годы изучения сорта рабочей коллекции пшеницы сформировали практически одинаковый по средней величине урожай зерно: 13,8 ц/га – в условиях 2019 года и 14,1 ц/га – в условиях 2020 года. Но при этом сорта в годы изучения статистически достоверно различались между собой: урожайность существенно ниже средней по опыту показали 4 (2019 год) и 7 (2020 год) сортов, выше средней – соответственно 4 и 7 сортов (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность сортов пшеницы в годы изучения
Table 1. Yield of wheat varieties in the years of study

Сорта / Varieties	2019 год (раннелетняя засуха) / 2019 (early summer drought)			2020 год (длительная засуха) / 2020 (prolonged drought)			В среднем / Average		
	ц/га / c/ga	% от средне-сортовой / % of the average	ранг / rank	ц/га / c/ga	% от средне-сортовой / % of the average	ранг / rank	ц/га / c/ga	% от средне-сортовой / % of the average	ранг / rank
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КО	11,45	83,0	17	16,70	118,1	5	14,08	100,7	9
КН	16,80	121,7	3	11,97	84,7	15	14,39	102,9	8
К-2010	14,88	107,8	5	12,43	87,9	13	13,66	97,7	12
КВ	16,28	118,0	4	18,30	129,4	2	17,29	123,7	1
КЮ	18,93	137,2	1	13,30	94,1	10	16,12	115,3	4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КЮ	18,93	137,2	1	13,30	94,1	10	16,12	115,3	4
Т-105	12,55	90,9	12	11,27	79,7	17	11,91	85,2	15
Т-108	13,90	100,7	9	9,80	69,3	18	11,85	84,8	16
Э-113	14,58	105,7	7	8,23	58,2	19	11,41	81,6	19
ТЗ	12,08	87,5	15	14,60	103,3	9	13,34	95,4	13
Ф	17,10	123,9	2	13,30	94,1	10	15,20	108,7	5
С-42	13,00	94,2	11	13,17	93,1	12	13,09	93,6	14
А-32	12,45	90,2	13	15,00	106,1	8	13,73	98,2	11
О-23	14,80	107,2	6	17,60	124,5	3	16,20	115,9	3
ЧС	14,03	101,7	8	15,90	112,4	7	14,97	107,1	6
ЧЮ	13,50	97,8	10	19,70	139,3	1	16,60	118,7	2
У-100	12,10	87,7	14	17,20	121,6	4	14,65	104,8	7
В-10	10,60	76,8	19	12,23	86,5	14	11,42	81,7	18
Т	11,88	86,1	16	11,73	83,0	16	11,81	84,5	17
Н	11,38	82,5	18	16,30	115,3	6	13,84	99,0	10
Среднее	13,80	100,0	–	14,14	100,0	–	13,98	100,0	–
НСР₀₅	1,86	13,5	–	1,62	11,4	–	–	–	–

Примечание: – расшифровка обозначений сортов приведена в тексте.

Note: – the decoding of the variety designations is given in the text.

Исследование средних значений и изменчивости признаков продуктивности агроценоза и растений в сортовом разнообразии рабочей коллекции пшеницы показало, что почти все эти признаки обладали средней (коэффициент вариации между 10 и 20 %) или даже высокой межсортовой (генотипической) изменчивостью (табл. 2).

Как видно из приведённых данных, наименьший коэффициент генотипической вариации имели признаки продуктивная кустистость (в 2020 году), масса 1000 зёрен главного колоса, масса 1000 зёрен боковых колосьев и всего растения (в 2019 году), а наибольший – признаки число зёрен и масса зерна боковых колосьев (в оба года изучения), масса зерна и масса мякины главного колоса (в 2020 году).

Таблица 2. Величина и изменчивость признаков продуктивности агроценоза и растений в сортовом разнообразии пшеницы

Table 2. The magnitude and variability of productivity traits of agrocenosis and plants in the varietal diversity of wheat

Признаки / Signs	Год / Year	Выраженность признаков / Traits expression				Коэффициент вариации, % / The coefficient of variation, %
		средняя и её ошибка / mean and its error	лимиты / limits	размах / sweep	отношение max : min / max: min ratio	
1	2	3	4	5	6	7
УХ, ц/га/ FY, c/ha	1*	13,8±0,5	10,6÷18,9	8,3	1,79	16,2
	2	14,1±0,7	8,2÷19,7	11,5	2,39	21,5
ППС, шт/м ² / PSD, p/m ²	1	350,7±13,6	213,9÷497,2	283,3	2,32	16,9
	2	464,7±16,3	318,0÷572,0	254,0	1,80	15,3
ПК, шт/ PB, p	1	1,38±0,04	1,09÷1,89	0,80	1,73	13,1
	2	1,28±0,02	1,11÷1,45	0,34	1,31	6,8

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
ЧЗСК, шт./ NGMS, p	1 2	11,4±0,4 14,6±0,4	7,9÷15,5 11,8÷18,0	7,6 6,2	1,96 1,53	17,2 13,4
МЗСК, г/ MSGW, g	1 2	0,47±0,01 0,36±0,02	0,39÷0,60 0,24÷0,55	0,20 0,31	1,51 2,26	12,7 21,6
M ₁₀₀₀ P, г/ W ₁₀₀₀ GWP, g	1 2	41,6±1,0 24,4±0,9	35,9÷50,0 18,2÷33,3	14,1 15,0	1,39 1,83	10,5 15,4
ЧЗГК, шт./ NGMS, p	1 2	12,1±0,5 15,6±0,6	8,3÷16,0 11,8÷19,4	7,7 7,6	1,93 1,64	17,6 15,5
МЗГК, г/ GWMS, g	1 2	0,50±0,02 0,39±0,02	0,42÷0,64 0,27÷0,62	0,22 0,35	1,54 2,34	13,4 22,8
ММГК, г/ MCMs, g	1 2	0,27±0,01 0,22±0,01	0,18÷0,39 0,13÷0,29	0,22 0,16	2,24 2,16	19,9 20,6
M ₁₀₀₀ ГК, г/ W ₁₀₀₀ GMS, g	1 2	42,2±1,0 24,9±0,9	36,7÷50,6 18,4÷33,5	13,8 15,1	1,38 1,82	10,9 15,4
ЧЗБК, шт./ NGSE, p	1 2	3,6±0,4 3,0±0,3	0,7÷8,0 0,6÷5,0	7,3 4,4	11,11 8,21	50,0 40,3
МЗБК, г/ GWSE, g	1 2	0,14±0,02 0,06±0,01	0,04÷0,35 0,02÷0,10	0,31 0,09	9,80 6,74	52,1 41,9
M ₁₀₀₀ БК, г/ M ₁₀₀₀ GLE, g	1 2	39,7±1,0 21,7±0,8	33,8÷48,8 16,1÷27,9	15,1 11,8	1,45 1,73	10,6 15,3

Примечания: * – цифрой 1 обозначен 2019 год, цифрой 2 – 2020 год; расшифровка обозначений признаков приведена в тексте.

Notes: * – number 1 denotes 2019, number 2 – 2020; decoding of designations of signs is given in the text.

Корреляционный анализ полученных при изучении урожайности сортов и структуры их урожая значений признаков продуктивности агроценоза и растений позволил рассчитать в каждом году по 78 парных коэффициентов генотипической (межсортовой) корреляции. Статистически существенных (на 5 % уровне значимости) коэффициентов этой корреляции было установлено 46 (причём 6 из них – отрицательные) в 2019 году и 52 (из которых только один коэффициент – отрицательный по направлению) – в 2020 году.

Более всего статистически существенных коэффициентов генотипической корреляции наблюдалось в 2019 году (раннелетняя засуха) по числу зёрен в главном колосе и среднему числу зёрен в колосе, а в 2020 году (длительная засуха) – по массе зерна главного колоса и массе зерна среднего колоса (т.е. совсем по другим признакам). Менее всего существенных коэффициентов генотипической корреляции в 2019 году наблюдалось по признакам плотность продуктивного стеблестоя и масса мякоти главного колоса, а в 2020 году – по признакам масса мякоти главного колоса и продуктивная кустистость.

Анализ генотипических корреляционных взаимосвязей изученных признаков показал, что они менялись в зависимости от года изучения как по своей величине, так и по характеру. На рисунке 2 приведены диаграммы (корреляционные плеяды) сильных взаимных корреляционных связей изученных признаков, которые иллюстрируют этот вывод.

Результаты путевого анализа взаимосвязи структурных элементов урожая зерна и урожайности яровой мягкой пшеницы в её изученном сортовом разнообразии приведены в таблице 3.

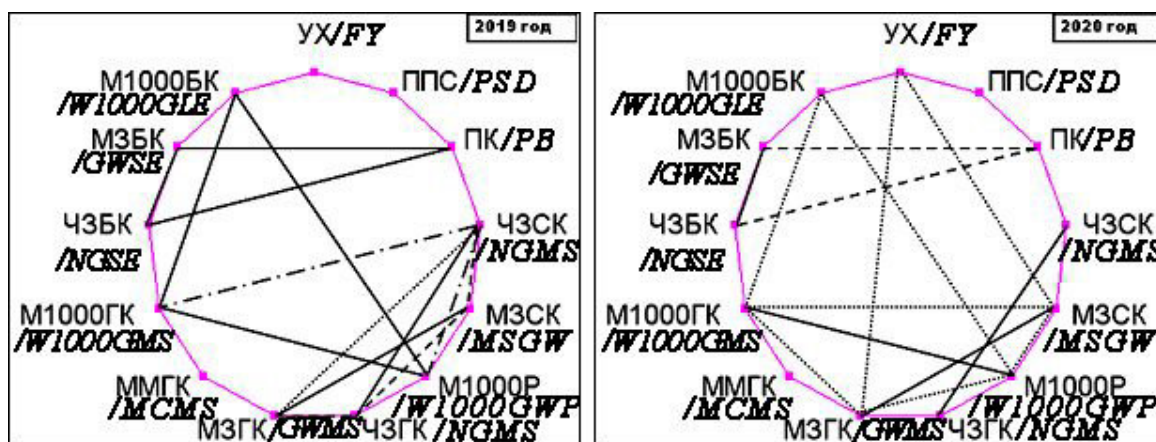


Рис. 2 – Корреляционные плеяды признаков продуктивности агроценоза и растений в сортовом разнообразии пшеницы в разные годы. Обозначения коэффициентов корреляции разной величины: — больше 0,90; --- от 0,80 до 0,90; - - - от 0,70 до 0,80; - - - - от 0,70 до 0,80, но отрицательные значения; расшифровка обозначений признаков приведена в тексте

Figure 2 – Correlation pleiades of productivity traits of agroecosystem and plants in varietal diversity of wheat in different years. Designations of correlation coefficients of different sizes: — more than 0.90; --- from 0.80 to 0.90; - - - from 0.70 to 0.80; - - - - from 0.70 to 0.80, but negative values; the decoding of the designations of the signs is given in the text

Таблица 3. Результаты путевого анализа взаимосвязи урожайности пшеницы с элементами структуры урожая

Table 3. Results of the path analysis of the relationship of wheat yield with elements of the crop structure

Структурные элементы / Structural elements	Парная корреляция / Pair-wise correlation	Матрица прямых и косвенных эффектов факторов / Matrix of direct and indirect effects of factors						Влияние фактора, % / Factor influence, %
		ППС/ PSD	ЧЗГК/ NGMS	М ₁₀₀₀ ГК/ W ₁₀₀₀ GMS	ММГК/ MCMS	ЧЗБК/ NGSE	М ₁₀₀₀ БК/ W ₁₀₀₀ GLE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2019 год (раннелетняя засуха) / 2019 (early summer drought)								
ППС/PSD	0,53*	0,46*	-0,09	-0,04	0,08	0,00	0,12	24,5
ЧЗГК/NGMS	0,37	-0,07	0,54	0,40	-0,03	0,07	-0,53	20,3
М ₁₀₀₀ ГК/W ₁₀₀₀ GMS	-0,19	0,03	-0,37	-0,59	-0,07	-0,01	0,81	11,4
ММГК/MCMS	-0,18	-0,16	0,08	-0,18	-0,22	0,06	0,25	3,9
ЧЗБК/NGSE	0,22	0,01	0,27	0,06	-0,09	0,14	-0,16	3,1
М ₁₀₀₀ БК/W ₁₀₀₀ GLE	-0,00	0,06	-0,33	-0,54	-0,06	-0,02	0,89	-0,1

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Неучтённые факторы/ <i>Unaccounted factors</i>								37,0
2020 год (длительная засуха) / 2020 (<i>prolonged drought</i>)								
ППС/PSD	0,13	0,53*	-0,24	-0,19	0,00	-0,03	0,05	6,9
ЧЗГК/ NGMS	0,44	-0,18	0,70*	-0,04	-0,01	-0,01	-0,02	30,9
M ₁₀₀₀ ГК/ W ₁₀₀₀ GMS	0,56*	-0,12	-0,04	0,83*	0,00	0,02	-0,13	46,3
ММГК/ MCMS	0,04	-0,11	0,25	-0,04	-0,02	0,00	-0,04	-0,1
ЧЗБК/ NGSE	0,13	0,32	0,10	-0,29	0,00	-0,04	0,05	-0,6
M ₁₀₀₀ БК/ W ₁₀₀₀ GLE	0,36	-0,16	0,087	0,61	-0,00	0,01	-0,18	-6,6
Неучтённые факторы/ <i>Unaccounted factors</i>								23,2

Примечания: – жирным шрифтом выделены путевые коэффициенты;

* – значение коэффициента статистически значимо на уровне 0,05;

– расшифровка обозначений структурных элементов приведена в тексте

Notes: – travel coefficients are highlighted in bold;

* – the value of the coefficient is statistically significant at the level of 0.05;

– explanation of designations of structural elements is given in the text

Обсуждение полученных результатов.

В изученном сортовом разнообразии яровой мягкой пшеницы рабочей коллекции Оренбургского ГАУ сорта Воронежская 10 и Тулеевская были стабильно (т. е. при любом типе засухи) низкоурожайными, а сорт Кинельская волна – высокоурожайным, тогда как сорта Hoffman, Кинельская отрада и Кинельская нива переходили из одной крайней группы урожайности в другую (табл. 1), т. е. в зависимости от года выращивания (и, соответственно, типа засухи) резко меняли свою урожайность.

В среднем за два года изучения самыми высокоурожайными оказались сорта Кинельская волна, Челябинская юбилейная и Оренбургская 23, а самыми низкоурожайными – Экада 113, Воронежская 10 и Тулеевская. Принятый в Оренбургской области в качестве стандарта при государственном сортоиспытании яровой мягкой пшеницы сорт Фаворит был высоко- либо среднеурожайным (соответственно 2019 и 2020 гг.).

Судя по относительной (в сравнении с общей средней) урожайности, в изученном сортовом разнообразии раннелетнюю засуху лучше всего перенесли почти все сорта кинельской селекции, а также сорта Фаворит и Оренбургская 23, тогда как длительную засуху – только два сорта кинельской селекции (Кинельская волна и Кинельская отрада), а также сорта Оренбургская 23 и (как ни странно) Ульяновская 100 и Hoffman.

Хуже всего раннелетнюю засуху перенесли сорта Воронежская 10, Hoffman, Тулеевская, Ульяновская 100 и (как ни странно) Кинельская отрада и Тулайковская золотистая, а длительную засуху – почти все сорта безенчукской селекции (что оказалось неожиданным) и сорта Воронежская 10, Тулеевская, Кинельская нива (что для последнего сорта тоже неожиданно).

Высокую устойчивость к засухе обоих типов продемонстрировали сорта Кинельская волна и Оренбургская 23.

Как показали результаты структурного анализа урожайности сортов (табл. 2), при длительной засухе (2020 год) средняя по коллекции величина большинства её структурных элементов оказалась ниже, чем при засухе раннелетней (2019 год). Это относится, прежде всего, к массе 1000 зёрен

и главного, и боковых колосьев, и всего растения, и к продуктивности этих колосьев и растения (что естественно, поскольку налив зерна проходил в условиях засухи). А вот количество зёрен в главном колосе и в колосьях в среднем, а также плотность продуктивного стеблестоя в 2020 году оказались выше по величине, чем в год с раннелетней засухой. Обусловлено это, возможно, выпадением осадков и несколько пониженной температурой воздуха в фазу выколашивания пшеницы в 2020 году (см. рис. 1).

Отчётливо проявились изменения в составе и количестве признаков продуктивности агроценоза и растений пшеницы, коррелирующих с урожайностью сортов в разные по типу засухи годы (рис. 2). Например, в 2020 году, по сравнению с 2019 годом, некоторые из корреляционных взаимосвязей в том же самом сортовом разнообразии стали менее сильными. Так же оказалось, что в 2019 году имелись отрицательные, причём сильные, корреляционные взаимосвязи (среднего числа зёрен в колосе с массой их 1000 штук и с массой 1000 зёрен в главном колосе), тогда как в 2020 году таких взаимосвязей установлено не было. Наконец, сильная корреляционная сопряжённость урожайности сортов пшеницы была установлена только в 2020 году (с массой зерна главного колоса и массой зерна с колоса в среднем), тогда как в 2019 году такой сопряжённости не было.

При раннелетней засухе (в 2019 году) наблюдалась только одна значимая генотипическая корреляция урожайности сортов – с плотностью продуктивного стеблестоя, которая была достаточно слабой. Напротив, при длительной засухе таких корреляций было уже пять (с массой зерна главного колоса и средней массой зерна с колоса, массой 1000 зёрен главного колоса и всего растения, средним числом зёрен с колоса), причём две из них были достаточно сильными.

Очевидно, что надёжно судить об урожайности сорта не позволяет ни одна парная корреляция этого показателя с другими изученными признаками сортов, и потому отбор на продуктивность по какому-либо из этих признаков может быть эффективным в один год (при одном типе засухи) и неэффективным – в другой год (при другом типе засухи). Из этого следует, что при разных типах засух высокопродуктивные генотипы следует отбирать по выраженности разных структурных элементов урожая.

Другими селекционерами так же, как и нами, было установлено, что в генотипическом разнообразии яровой пшеницы и выраженность структурных элементов урожая, и значения коэффициентов их корреляции между собой и с урожайностью зерна обусловлены особенностями климатических и погодных условий, в которых проводятся исследования, особенностями изучаемого материала, а также воздействием других факторов (Султанов И.М. и Долотовский И.М., 2000; Пушкарёв Д.В. и др., 2018).

Для изучения взаимосвязей между признаками традиционно используют коэффициенты парной корреляции, однако могут быть использованы и коэффициенты частной и множественной корреляции и регрессии, в т. ч. с расчётом стандартизированных (нормированных) коэффициентов частной регрессии или так называемых коэффициентов пути (путевых коэффициентов) в методе путевого анализа (Ли Ч., 1978). Метод путевого анализа имеет существенные преимущества перед корреляционным, ибо позволяет определить прямой и косвенные эффекты признаков, составляющих причинно-следственную систему, и измерить относительное значение каждого причинного фактора, тогда как коэффициенты парной корреляции показывают только усреднённую сложную взаимосвязь признаков, не учитывая причинности (Мухордова М.Е. и Качур О.Т., 2010; Паламарчук Д.П. и др., 2019).

Согласно известной иерархической схеме детерминации структурных элементов урожая зерна (Damisch W, 1970; Султанов И.М. и Долотовский И.М., 2000), они образуют соподчинённые уровни, на каждом из которых объединены в триадные модули, состоящие из результирующего и двух компонентных (и комплементарных друг другу) признаков. В методе путевого анализа правила построения соединяющих путей не позволяют их дублировать через одновременное включение компонентных и их результирующих признаков (Ли Ч., 1978). Поэтому в путевой анализ взаимной связи между урожайностью сортов и структурными элементами урожая нами были включены только те из изученных признаков, которые не являются определяющими друг для друга по прин-

ципу триадного модуля, т. е. применительно к изученному комплексу признаков являются простыми элементами: плотность продуктивного стеблестоя, число зёрен с главного колоса, масса 1000 зёрен главного колоса, масса мякины главного колоса, число зёрен с боковых колосьев, масса 1000 зёрен боковых колосьев (табл. 3).

Коэффициенты пути, являясь нормированными коэффициентами частной регрессии, показывают, на сколько средних квадратических отклонений изменится величина зависимой переменной (в нашем случае – урожайности) при изменении какой-либо независимой переменной (например, плотности продуктивного стеблестоя) на одно среднее квадратическое отклонение при неизменности остальных изученных независимых переменных (Ли Ч., 1978). Поэтому сравнение коэффициентов пути позволяет судить о степени влияния каждого изученного структурного элемента урожая на урожайность сортов.

Как свидетельствуют полученные результаты путевого анализа (табл. 3), взятыми для анализа структурными элементами урожая было детерминировано 63,0 (2019 год) и 76,8 % (2020 год) изменчивости урожайности пшеницы в её изученном сортовом разнообразии. При этом в 2019 году (раннелетняя засуха) основными влияющими (причём положительно) на урожайность сортов факторами были плотность продуктивного стеблестоя и число зёрен главного колоса: в сумме они определили почти 45 % изменчивости урожайности пшеницы. В 2020 году (длительная засуха) такими влияющими факторами были число зёрен и масса 1000 зёрен главного колоса: они определили чуть более 77 % изменчивости урожайности сортов.

Путевой анализ позволил установить в условиях раннелетней засухи (2019 год) статистически значимое прямое влияние (прямой эффект) одного структурного элемента урожая на урожайность сортов пшеницы – плотности продуктивного стеблестоя. В условиях длительной, более жёсткой засухи (2020 год), были установлены статистически значимые прямые эффекты уже трёх структурных элементов урожая – плотности продуктивного стеблестоя, числа зёрен и массы 1000 зёрен главного колоса.

При этом плотность продуктивного стеблестоя как структурный элемент урожая сортов пшеницы в оба года изучения оказывала положительное и существенное прямое влияние на их урожайность. Такое же прямое влияние на урожайность сортов оказывало и число зёрен в главном колосе (правда, при менее напряжённой засухе 2019 года оно не было статистически значимым).

А вот прямое влияние на урожайность изученных сортов пшеницы массы 1000 зёрен главного колоса и боковых колосьев было в разные годы противоречивым и меняло своё направление с положительного на отрицательное, как и наоборот. В условиях более жёсткой длительной засухи положительным и статистически значимым было прямое влияние на урожайность сортов массы 1000 зёрен главного колоса. В условиях же неплохой увлажнённости второй половины лета (2019 год) положительным было прямое влияние на урожайность сортов массы 1000 зёрен боковых колосьев (но оно всё-таки не стало статистически значимым по причине сильной межсортовой изменчивости этого структурного элемента вокруг линии регрессии).

Как следует из сравнения величин соответствующих коэффициентов пути и парной корреляции, в условиях жёсткой (длительной) засухи прямое влияние на урожайность сортов пшеницы плотности продуктивного стеблестоя, числа зёрен и массы 1000 зёрен главного колоса было положительным по направлению и выше по величине, чем это следует из величины соответствующих коэффициентов корреляции (табл. 3). Объясняется это тем, что прямое влияние этих структурных элементов урожая ослаблялось отрицательными по направлению непрямыми (косвенными) эффектами через другие структурные элементы урожая.

В условиях 2019 года (раннелетняя засуха) активным элементом структуры урожая пшеницы (таким, у которого коэффициенты корреляции и пути статистически достоверно отличаются от нуля и имеют одинаковый знак) была плотность агроценоза. Но вот в условиях 2020 года (длительная засуха) плотность агроценоза стала всего лишь потенциальным элементом структуры урожая пшеницы (таким, у которого коэффициент пути достоверно отличается от нуля, а коэффициент корреляции от нуля не отличается по причине противоположно направленных главному эффекту

косвенных эффектов других структурных элементов). Таким же потенциальным элементом структуры урожая в этих условиях было количество зёрен в главном колосе, а активным элементом структуры урожая оказалась масса 1000 зёрен главного колоса (табл. 3).

Проведённые корреляционный и путевой анализы полученных экспериментальных данных позволили выявить, что в условиях засух разного типа ведущими структурными элементами урожая зерна пшеницы (по причине изменения которых происходит наибольшее изменение урожайности) в её сортовой разнообразии являются разные компоненты – в нашем исследовании это были плотность продуктивного стеблестоя при раннелетней засухе и масса 1000 зёрен главного колоса при длительной засухе.

Заключение.

Выполненное исследование показало, что сорта яровой мягкой пшеницы рабочей коллекции Оренбургского ГАУ по-разному реагируют на раннелетнюю и позднелетнюю засухи изменением своей урожайности и выраженностью структурных элементов урожая зерна.

Сорта Кинельская волна, Челябинская юбилейная и Оренбургская 23 за два засушливых года изучения сформировали в среднем наиболее высокий по величине урожай зерна. При этом Кинельская волна и Оренбургская 23 продемонстрировали высокую устойчивость к засухе обоих типов и потому перспективны как исходный материал для селекции на урожайность в условиях засух.

В разные по типу засухи годы меняется состав и количество признаков продуктивности агроценоза и растений пшеницы, сопряжённых с урожайностью её сортов, и ведущими структурными элементами урожая зерна пшеницы в её сортовой разнообразии становятся разные компоненты. Поэтому при разных типах засух высокопродуктивные генотипы следует отбирать по выраженности разных структурных элементов урожая.

Список источников

1. Агроклиматические ресурсы Оренбургской области / под ред. В.Н. Бодрикова и др. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 120 с. [Bodrikova VN et al., editors. Agroklimaticheskie resursy Orenburgskoi oblasti. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1971:120 p. (*In Russ*)].
2. Вьюшков А.А. Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье: монография. Самара: СамЛЮКС, 2004. 224 с. [V'yushkov AA. Seleksiya yarovoy pshenitsy v Srednem Povolzh'ye: monografiya. Samara: SamLYuKS; 2004:224 p. (*In Russ*)].
3. Денисов П.В. Структура урожая зерновых культур: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Ленинград, 1970. 64 с. [Denisov PV. Struktura urozhaya zernovykh kul'tur: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk. Leningrad; 1970:64 p. (*In Russ*)].
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. [Dospikhov BA. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. Moscow: Agropromizdat; 1985:351 p. (*In Russ*)].
5. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): монография. М.: Агрорус, 2001. Т. 1. 780 с. [Zhuchenko AA. Adaptivnaya sistema seleksii rasteniy (ekologo-geneticheskiye osnovy): monografiya. Moscow: Agrorus; 2001;1:780 p. (*In Russ*)].
6. Козлов Ю.Д., Мордвинцев М.П. Продуктивная кустистость яровой пшеницы и её роль в создании сортов для орошения // Селекция и семеноводство. 1985. № 5. С. 14-15. [Kozlov YuD, Mordvintsev MP. Produktivnaya kustistost' yarovoy pshenitsy i yeyo rol' v sozdanii sortov dlya orosheniya. Seleksiya i semenovodstvo. 1985;5:14-15. (*In Russ*)].
7. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области / Д.В. Пушкарёв, А.С. Чурсин, О.Г. Кузьмин, Ю.С. Краснова, И.И. Каракоз, В.П. Шаманин // Вестник Омского ГАУ. 2018. № 3(31). С. 26-35. [Pushkarev DV, Chursin AS, Kuz'min OG, Krasnova YuS, Karakoz II, Shamanin VP. Correlation of yield with elements

of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region. *Vestnik Omskogo GAU*. 2018;3(31):26-35. (*In Russ*).

8. Краснова Л.И., Мордвинцев М.П., Николаев Н.А. Селекция зерновых культур в ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»: история, результаты и современное состояние // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 6(86). С. 31-37. [Krasnova LI, Mordvintsev MP, Nikolaev NA. Breeding of grain crops at the Orenburg state agrarian university: history, results and current state. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;6(86):31-37. (*In Russ*)].

9. Краснова Л.И., Мордвинцев М.П., Николаев Н.А. Создание в ОГАУ засухоустойчивых сортов зерновых культур для Оренбургской области // *Вестник мясного скотоводства*. 2012. № 1(75). С. 96-99. [Krasnova LI, Mordvintsev MP, Nikolayev NA. Development of cereal drought-resistant crops for the Orenburg region in the OSAU. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2012;1(75):96-99. (*In Russ*)].

10. Ли Ч. Введение в популяционную генетику / пер. с англ. Е.А. Салменковой, Е.Я. Тегушкина. М.: Мир, 1978. 555 с. [Li CH. *Vvedeniye v populyatsionnyu genetiku*. Per. s angl. Salmenkovoi EA, Tetushkina EYa. Moscow: Mir; 1978:555 p. (*In Russ*)].

11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М.А. Федина. М., 1985. 267 с. [Fedin MA, editor. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokozyajstvennykh kul'tur*. Moscow; 1985:267 p. (*In Russ*)].

12. Мухитов Л.А., Шапилова Н.А. Адаптация яровой пшеницы к условиям степной зоны Оренбургского Зауралья // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2008. № 3(19). С. 29-32. [Mukhitov LA, Shapilova NA. Adaptation of spring wheat varieties to cultivation under the conditions of the steppe zone of Orenburg Zauralye. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2008;3(19):29-32. (*In Russ*)].

13. Мухордова М.Е., Качур О.Т. Изменчивость и путевой анализ элементов продуктивности растений у гибридов F₁ пивоваренного ячменя // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. Т. 45. № 1. С. 27-32. [Mukhordova ME, Kachur OT. Variability and path analysis of elements of plant productivity in f₁ hybrids of brewer's barley. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2010;45(1):27-32. (*In Russ*)].

14. Паламарчук Д.П., Козаченко М.Р., Святченко С.И. Использование метода путевых коэффициентов S. Wright для статистического анализа системы взаимосвязанных признаков риса // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. № 23(4). С. 430-438. [Palamarchuk DP, Kozachenko MR, Sviatchenko SI. Use of S. Wright's path coefficient method for statistical analysis of interrelated traits in rice. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(4):430-438. (*In Russ*). doi: 10.18699/VJ19.511

15. Ресурсный потенциал полевых культур Оренбургской области (краткие характеристики сортов и гибридов): учеб.-метод. и справ. пособие [Электронный ресурс] / сост. Г.Ф. Ярцев, М.П. Мордвинцев, Р.К. Байкашенов, Н.Р. Батталова. Оренбург: ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный аграрный университет, 2019. 120 с. URL: <https://rucont.ru/efd/702255> (дата обращения 15.12.2019). [Resursnyy potentsial polevykh kul'tur Orenburgskoy oblasti (kratkiye kharakteristiki sortov i gibridov): uchebno-metodicheskoye i spravochnoye posobiye [Elektronnyy resurs]. Sost. Yartsev GF, Mordvintsev MP, Baykasenov RK, Battalova NR. Orenburg: FGBOU VPO Orenburgskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet; 2019:120 p. URL: <https://rucont.ru/efd/702255> (data obrashcheniya 15.12.2019). (*In Russ*)].

16. Седловский А.И., Мартынов С.П., Мамонов Л.К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. Алма-Ата: Наука, 1982. 198 с. [Sedlovskiy AI, Martynov SP, Mamonov LK *Genetiko-statisticheskiye podkhody k teorii selektsii samoopylyayushchikh-sya kul'tur*. Alma-Ata: Nauka; 1982:198 p. (*In Russ*)].

17. Селекционная оценка исходного материала яровой мягкой пшеницы по продуктивности и её элементам / Таранова Т.Ю., Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., О.С. Муллаянова, К.Ю. Чекмасова // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 5(170). С. 81-88. [Taranova TYu, Kincharov AI, Demina EA, Mullayanova OS,

Chekmasova KYu. Selection evaluation of soft spring wheat input material by productivity and its elements. The Bulletin of KrasGAU. 2021;5(170):81-88. (*In Russ*). doi: 10.36718/1819-4036-2021-5-81-88

18. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы: монография / А.А. Вьюшков и др. Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. 266 с. [V'yushkov AA et al. Selektionno-geneticheskoye uluchsheniye yarovoy pshenitsy: monografiya. Samara: Samarskiy nauchnyy tsentr RAN; 2012:266 p. (*In Russ*)].

19. Система ведения сельского хозяйства Оренбургской области / под ред. А.Г. Зелепухина и др. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1986. 240 с. [Zelepuhin AG et al., editors. Sistema vedeniya sel'skogo hozyajstva Orenburgskoj oblasti. Chelyabinsk: YUzh.-Ural. kn. izd-vo; 1986:240 p. (*In Russ*)].

20. Система устойчивого развития сельского хозяйства Оренбургской области / под ред. С.В. Балыкина и др. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2019. 335 с. [Balykin SV et al., editors. Sistema ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva Orenburgskoy oblasti. Irkutsk: ООО «Megaprint»; 2019:335 p. (*In Russ*)].

21. Сорты растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорты культуры «пшеница мягкая яровая» // Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Т. 1. [Электронный ресурс] URL: [https://web.archive.org/web/20171030024453/http://reestr.gossort.com/reestr/culture/2_\(дата обращения 30.08.2021\)](https://web.archive.org/web/20171030024453/http://reestr.gossort.com/reestr/culture/2_(дата обращения 30.08.2021)). [Sorta rasteniy, vkluychennyye v Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Sorta kul'tury «pshenitsa myagkaya yarovaya». Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy dopushchennykh k ispol'zovaniyu. V. 1. [Elektronnyy resurs] URL: [https://web.archive.org/web/20171030024453/http://reestr.gossort.com/reestr/culture/2_\(data obrashcheniya 30.08.2021\)](https://web.archive.org/web/20171030024453/http://reestr.gossort.com/reestr/culture/2_(data obrashcheniya 30.08.2021))]. (*In Russ*)].

22. Султанов И.М., Долотовский И.М. Внутрисортные корреляции растений яровой мягкой пшеницы под влиянием экологических и ценологических факторов // Сельскохозяйственная биология. 2000. № 1. С. 41-48. [Sultanov IM, Dolotovskiy IM Vnutrisortovyye korrelyatsii rasteniy yarovoy myagkoj pshenitsy pod vliyaniem ekologicheskikh i tsenoticheskikh faktorov. Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2000;1:41-48. (*In Russ*)].

23. Тихонов В.Е., Зенкова Н.А. Предпосылки создания оптимального агроэкоотипа сорта яровой мягкой пшеницы в степной зоне Урала // Наука и хлеб: сб. науч. работ. Оренбург, 2002. Вып. 9. С. 177-210. [Tikhonov VYe, Zenkova NA Predposylki sozdaniya optimal'nogo agroekotipa sorta yarovoy myagkoj pshenitsy v stepnoy zone Urala. Nauka i khleb: sb. nauch. rabot. Orenburg, 2002;9:177-210. (*In Russ*)].

24. Харина А.В. Адаптивный потенциал устойчивых к пыльной головне сортов яровой мягкой пшеницы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 3(46). С. 28-31. [Kharina AV. Adaptive potential of spring soft wheat varieties resistant to dusty smut. Agricultural Science Euro-North-East. 2015;3(46):8-31. (*In Russ*)].

25. Damisch W. Über die Entstehung des Kornertrages bei Getreide. Albrecht-Thaer Arch. 1970;14(2):169-179.

References

1. Bodrikova VN et al., editors. Agroclimatic resources of the Orenburg region. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1971:120 p.

2. V'yushkov AA. Spring wheat breeding in the Middle Volga region: monograph. Samara: SamLYuKS; 2004:224 p.

3. Denisov PV. Grain crop structure: abstract. dis. ... dr. agricultural sci. Leningrad; 1970:64 p.

4. Dospekhov BA. Field experiment methodology: (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat; 1985:351 p.

5. Zhuchenko A.A. Adaptive plant breeding system (ecological-genetic foundations): monograph. Moscow: Agrorus, 2001;1:780 p.

6. Kozlov YuD, Mordvintsev MP. Productive tillering of spring wheat and its role in the creation of varieties for irrigation. Selection and Seed Production. 1985;5:14-15.
7. Pushkarev DV, Chursin AS, Kuz'min OG, Krasnova YuS, Karakoz II, Shamanin VP. Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region. Bulletin Omsk SAU. 2018;3(31):26-35.
8. Krasnova LI, Mordvintsev MP, Nikolaev NA. Breeding of grain crops at the Orenburg state agrarian university: history, results and current state. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020;6(86):31-37.
9. Krasnova LI, Mordvintsev MP, Nikolayev NA. Development of cereal drought-resistant crops for the Orenburg region in the OSAU. Herald of Beef Cattle Breeding. 2012;1(75):96-99.
10. Li CH. Introduction to Population Genetics. Translation from English. Salmenkovoi EA, Tetushkina EYa. Moscow: Mir; 1978:555 p.
11. Fedin MA, editor. Methodology for state variety testing of agricultural crops. Moscow; 1985:267 p.
12. Mukhitov LA, Shapilova NA. Adaptation of spring wheat varieties to cultivation under the conditions of the steppe zone of Orenburg Zauralye. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2008;3(19):29-32.
13. Mukhordova ME, Kachur OT. Variability and path analysis of elements of plant productivity in fl hybrids of brewer's barley. Agricultural Biology. 2010;45(1):27-32.
14. Palamarchuk DP, Kozachenko MR, Sviatchenko SI. Use of S. Wright's path coefficient method for statistical analysis of interrelated traits in rice. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019;23(4):430-438. doi: 10.18699/VJ19.511
15. Resource potential of field crops of the Orenburg region (brief characteristics of varieties and hybrids): educational-methodical and reference manual [Internet]. Compiled by Yartsev GF, Mordvintsev MP, Baykasenov RK, Battalova NR. Orenburg: FGBOU VPO Orenburg State Agrarian University; 2019:120 p. [cited 2019 December 15]. Available from: <https://rucont.ru/efd/702255>
16. Sedlovskiy AI, Martynov SP, Mamonov LK. Genetic-statistical approaches to the theory of selection of self-pollinating crops. Alma-Ata: Nauka; 1982:198 p.
17. Taranova TYu, Kincharov AI, Demina EA, Mullayanova OS, Chekmasova KYu. Selection evaluation of soft spring wheat input material by productivity and its elements. The Bulletin of KrasGAU. 2021;5(170):81-88. doi: 10.36718/1819-4036-2021-5-81-88
18. V'yushkov AA et al. Selection and genetic improvement of spring wheat: monograph. Samara: Samara Scientific Center of the RAS; 2012:266 p.
19. Zelepuhin AG et al., editors. The agricultural system of the Orenburg region. Chelyabinsk: South Ural Book Publishing House; 1986:240 p.
20. Balykin SV et al., editors. Science and bread: collection of scientific works. Irkutsk: LLC «Megaprint»; 2019:335 p.
21. Plant varieties included in the State Register of Breeding Achievements Admitted to Use. Cultivars of the culture "soft spring wheat". State register of breeding achievements allowed for use. V. 1. [Internet] [cited 2021 August 30]. Available from: <https://web.archive.org/web/20171030024453/http://reestr.gossort.com/reestr/culture/2>
22. Sultanov IM, Dolotovskiy IM. Intravarietal correlations of spring soft wheat plants under the influence of ecological and coenotic factors. Agricultural Biology. 2000;1:41-48.
23. Tikhonov VYe, Zenkova NA. Prerequisites for the creation of the optimal agroecotype of the spring soft wheat variety in the Steppe Zone of the Urals. Science and bread: collection of scientific works. Orenburg. 2002;9:177-210.
24. Kharina AV. Adaptive potential of spring soft wheat varieties resistant to dusty smut. Agricultural Science Euro-North-East. 2015;3(46):8-31.
25. Damisch W. Über die Entstehung des Kornertrages bei Getreide. Albrecht-Thaer Arch. 1970;14(2):169-179.

Информация об авторах:

Ольга Сергеевна Гречишкина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Управления НИиПК, Оренбургский государственный аграрный университет, 460001, г. Оренбург, переулок Мало-Торговый, д. 2, тел. +7-922-531-41-23.

Роза Дошмовна Хутамбирдина, научный сотрудник Управления НИиПК, Оренбургский государственный аграрный университет, 460001, г. Оренбург, переулок Мало-Торговый, д. 2, тел. +7-987-855-94-33.

Михаил Павлович Мордвинцев, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Управления НИиПК, Оренбургский государственный аграрный университет, ведущий научный сотрудник, 460001, г. Оренбург, переулок Мало-Торговый, д. 2, тел. +7-906-841-63-80.

Information about the authors:

Olga S Grechishkina, Cand. Sci. (Agriculture), Head Researcher of the Research and Development Department of the Orenburg State Agrarian University, 460001, Orenburg, Malo-Torgovy lane, 2, tel.: +7-922-531-41-23.

Roza D Khutambirdina, Researcher of the Research and Development Department, Orenburg State Agrarian University, 460001, Orenburg, Malo-Torgovy lane, 2, tel.: +7-987-855-94-33.

Mikhail P Mordvintsev, Dr. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Research and Development Department of the Orenburg State Agrarian University, Leading Researcher, 460001, Orenburg, Malo-Torgovy Lane, 2, tel.: +7-906-841-63-80.

Статья поступила в редакцию 05.09.2021; одобрена после рецензирования 24.09.2021; принята к публикации 13.12.2021.

The article was submitted 05.09.2021; approved after reviewing 24.09.2021; accepted for publication 13.12.2021.