



Растениеводство Crop production

DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-547-565


УДК 631.11:551.5(470.56)

EDN AFTSOD

Научная статья / Research article

Формирование продуктивности колоса яровой пшеницы в условиях засушливого климата Оренбургского Приуралья

И.Н. Бесалиев  , Е.А. Иванова 

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург, Российская Федерация
 orniish_tzk@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования определяется необходимостью своевременной оценки сортов яровой пшеницы, в т.ч. вновь созданных, в зависимости от меняющихся погодных факторов в зоне возделывания. Цель исследования состояла в анализе показателей колоса сортов яровой пшеницы как основного элемента продуктивности посева. Материалы исследований — данные урожайности, показатели структуры урожая сортов яровой мягкой пшеницы, полученные в полевых опытах, проведенных в условиях Оренбургского Приуралья в течение 2019—2020 и 2022—2023 гг. Методы исследований включали полевые опыты, структурный анализ учетного снопового материала, ранговую оценку сортов по годам опытов и их итоговое ранжирование, корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности сортов от показателей продуктивности колоса. Условия вегетации яровой пшеницы в годы исследований отличались засушливостью. Ранговая оценка сортов показала значительную зависимость их продуктивности от условий погодных факторов и их экологическую приспособленность. Проведен корреляционно-регрессионный анализ связи урожайности яровой пшеницы с показателями продуктивности колоса. Построенные графики показывают, что теоретической урожайности в пределах от 14,9 ц с 1 га до 19,1 ц с 1 га соответствуют число зерен в колосе 25,7 шт., масса 1000 зерен 35,8 г, число колосков в колосе 13,6 шт., масса зерна с колоса 0,75 г. Приведены фактические показатели элементов продуктивности колоса по годам опытов с анализом их сортовых различий и в зависимости от условий года. Сделан вывод о том, что погодные факторы обуславливают различия в реакции сортов на их изменчивость, выражающуюся

© Бесалиев И.Н., Иванова Е.А., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

в уровне их урожайности в сходных условиях. Сорты, выведенные в более позднее время, отличаются большей экологической пластичностью с ростом урожайности и формированием значительно более полноценного колоса, это сорта Ульяновская 105, Оренбургская 30, Тулайковская золотистая. К числу наименее приспособленных к стресс-факторам погоды можно отнести сорта Учитель, Саратовская 42.

Ключевые слова: сорта пшеницы, агроценоз, урожайность, корреляция

Вклад авторов: Бесалиев И.Н. — введение, анализ полученных результатов, написание рукописи статьи; Иванова Е.А. — математическая обработка полученных данных.

Финансирование. Исследования проведены в соответствии с планом НИР на 2021—2030 гг. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» по теме Госзадания FNWZ-2022-0014.

Заявления о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


История статьи: поступила 11 июня 2024 г., принята к публикации 30 октября 2024 г.

Для цитирования: Бесалиев И.Н., Иванова Е.А. Формирование продуктивности колоса яровой пшеницы в условиях засушливого климата Оренбургского Приуралья // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 4. С. 547—565. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-547-565

Formation of productivity of spring wheat ear in arid climate of Orenburg Urals

Ishen N. Besaliev  , Elena A. Ivanova 

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy
of Sciences, Orenburg, Russian Federation

 orniish_tzk@mail.ru

Abstract. The relevance of the study is determined by the need for timely assessment of spring wheat varieties, including newly created ones, depending on changing weather factors in the cultivation area. The purpose of the study was to analyze the indicators of the ear of spring wheat varieties, which is the main element of sowing productivity. The materials for the research were yield data, indicators of the yield structure of spring soft wheat varieties obtained in field experiments conducted in the conditions of the Orenburg Urals during 2019—2020 and 2022—2023. The research methods included field experiments, structural analysis of accounting sheaf material, ranking of varieties by years of experiments and their final ranking, correlation and regression analysis of dependence of yield on ear productivity. The growing conditions of spring wheat in the years of research were characterized by significant aridity. The grade assessment of the varieties showed a significant dependence of their productivity on weather conditions and their ecological adaptation. The graphs showed that the theoretical yield in the range from 14.9 c/ha to 19.1 c/ha corresponds to: 25.7 grains per ear, 35.8 g — weight of 1000 grains, 13.6 spikelets per ear, 0.75 g — weight of grains per ear. The actual indicators of ear productivity elements were given by years of experiments with an analysis of their varietal differences and depending on the conditions of the year. We can conclude that weather factors cause differences in the response of varieties to their variability, expressed in their yield level under similar conditions. Varieties created at a later time are characterized by greater ecological plasticity with increasing yields and formation of a much more complete ear. Such varieties include Ulyanovskaya 105, Orenburgskaya 30, Tulaykovskaya zolotistaya. The varieties least adapted to the stress factors of the weather include Uchitel, Saratovskaya 42.

Keywords: wheat varieties, agroecocenos, yield, correlation

Authors' contribution: Besaliev I.N. — introduction, analysis of the results obtained, writing the manuscript, Ivanova E.A. — mathematical processing of the data obtained.

Funding. The research was conducted in accordance with the research plan of Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences for 2021—2030 (No. FNWZ-2022-0014).

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

Article history: Received: 11 June 2024. Accepted: 30 October 2024.

For citation: Besaliev IN, Ivanova EA. Formation of productivity of spring wheat ear in arid climate of Orenburg Urals. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(4):547—565. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-547-565

Введение

Пшеница (*Triticum aestivum* L.) — основная культура, возделываемая как в России, так и по всему земному шару. Прогнозируется, что к 2050 г. население Земли увеличится до 9,6 млрд человек [1], поэтому задачи роста урожайности всех продовольственных культур, в т. ч. и пшеницы, становятся более актуальными. Ежегодный прирост урожайности зерна на 2 % позволит решить потребность в пшенице [2].

Основным фактором, влияющим на продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур, является изменение климата, в особенности увеличение его засушливости. Оренбургская область относится к регионам неустойчивого увлажнения, где как показано в [3, 4], частота весенне-летних засух в более засушливые периоды увеличилась в 2,5 раза по сравнению с более влажными периодами. Анализ динамики урожайности яровых зерновых в данной зоне за длительный период (1883—2013 гг.) позволил [5] сделать вывод о том, что отклонения уровней урожайности объясняются погодными факторами.

По оценке [6] «негативный результат глобального потепления в Оренбуржье — дефицит атмосферной влаги, который не может быть восполнен за счет скудных водных ресурсов степной территории». Начальные запасы продуктивной влаги в почве центральной зоны Оренбуржья снизились от 130...150 мм в 2008 г. до 80...100 мм к 2015—2021 гг. при росте дневной температуры воздуха в июле до экстремальных значений для растений (30 С° и выше) и показателям температуры августа, приблизившимся к июльским.

В формировании продуктивности зерновых культур основную роль играют такие характеристики, как архитектура урожая, наступление и продолжительность фенологических фаз вегетации, морфологические характеристики колоса и зерна [7, 8]. В частности, в [9] установлено, что урожайность зерна яровой пшеницы тесно связана с продолжительностью всего периода вегетации ($r = 0,98$), а также

в значительной мере с продолжительностью периодов всходы — кущение ($r = 0,90$), кущение — выход в трубку ($r = 0,51$), выход в трубку — колошение ($r = 0,84$).

Стресс от засухи оказывает отрицательное влияние на ключевые характеристики и урожайность зерна пшеницы: на количество зерна в колосе на 38...50 %, массу 1000 зерен на 16,4...19,0 %, высоту растений на 14,7...34,4 % [10], т.е. снижает количество зерен в колосе и массу зерна и, в конечном итоге, урожай зерна [11, 12].

В различных полевых опытах установлены достоверные корреляционные связи урожайности с продуктивной кустистостью, числом зерен в колосе, с массой зерна с колоса, массой 1000 зерен [13, 14]. Наблюдается сортовая специфика в снижении продуктивности колоса: в условиях засухи снижение его продуктивности у раннеспелых сортов выше (32,0...41,2 %), чем у среднеранних (22,9...42,9 %) и среднеспелых (27,9...30,6 %), и разный уровень зависимости урожайности сортов разных групп спелости от структурных элементов [15, 16].

Для условий Оренбургского Предуралья в более ранних исследованиях установлено, что рост урожайности сортов яровой пшеницы определяется ростом длины колоса, длины стебля и длины верхнего междоузлия до определенного уровня, после которого отмечается спад уровня продуктивности [17]. По данным авторов [18], имеются сортовые особенности в формировании морфогенеза и продуктивности побега яровой пшеницы: числа колосков и зерновок в колосе, массы семян. Это подтверждается данными других исследований, по которым установлено, что реализация адаптивного потенциала сорта зависит от степени развития зачаточного колоса при влажности устойчивого завядания растений, от которой зависит величина сброса колосков, цветков и снижение жизнеспособности конуса нарастания [19]. Авторами [20] также подчеркивается преимущество сортов с генетическим материалом *Thinorugum pontium* для выведения сортов яровой пшеницы с механизмами адаптации к засухе.

Таким образом, формирование продуктивности колоса и его составляющих является результатом взаимодействия многих факторов: от погодно-климатических до сортовых особенностей.

Цель исследования — анализ формирования продуктивности колоса сортов яровой мягкой пшеницы, обусловленных изменениями погодно-климатических факторов и появлением новых сортов данной культуры в зоне Оренбургского Приуралья.

Материалы и методы исследований

Материалом для анализа послужили данные по урожайности и показателям структурных элементов агроценоза и колоса сортов яровой мягкой пшеницы, полученные в 2019—2020 и 2022—2023 гг. в полевых опытах по их экологическому изучению в условиях центральной зоны Оренбургского Приуралья на черноземе южном. В опыте изучались районированные и перспективные в Оренбургской области сорта яровой мягкой пшеницы. Предшественник — пар черный. Предпосевную подготовку почвы проводили в соответствии с рекомен-

дациями, принятыми в зоне исследований. Посев сеялкой СН-16 нормой высева 4,0 млн всхожих семян на гектар. Повторность опыта 3-кратная. Площадь делянки 66 кв. м (40 м × 1,65 м). В опыте изучали районированные в Оренбургской области сорта яровой мягкой пшеницы: Учитель (контроль), Оренбургская 30, Оренбургская 13, Оренбургская 23 и Оренбургская юбилейная (Федеральное государственное научное учреждение биологических систем и агротехнологий Российской академии наук); Саратовская 42 и Саратовская 70 (Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока); Тулайковская золотистая и Ульяновская 105 (Самарский Федеральный исследовательский центр). Снопы для анализа структуры урожая отбирались в двух повторениях опыта в четырех местах делянок каждая площадью 0,25 кв. м; суммарная площадь по отбору образцов по каждому сорту составляла 2 кв. м. Для определения продуктивности колоса с каждого повторения сорта отбирали по 10 типичных растений; общее число растений в анализе составляло 20 штук. Измеряли длину растения, длину колоса, число колосков, число зерен в колосе, взвешивали массу зерна с колоса. Массу 1000 зерен определяли в снопе для учета структуры урожая после обмолота каждого снопа в повторности. Анализ показателей структуры урожая, растений и колоса проводили в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур¹. Обработку массива экспериментальных данных провели методом однофакторного нелинейного корреляционно-регрессионного анализа [21] с использованием библиотеки из 34 алгебраических функций, в т. ч. полиномиальных и показательных функций. Регрессионный анализ включал метод отыскания параметров регрессионной модели и статистическую обработку данных. Основным методом отыскания параметров регрессионной модели является метод наименьших квадратов. Суть этого метода заключается в минимизации суммы квадратов отклонений между найденными в опыте значениями параметров оптимизации и предсказываемыми данной моделью.

Поскольку вид математической зависимости между параметрами оптимизации и варьируемым фактором *a priori* (от латинского «до опыта») неизвестен, то в качестве регрессионной модели использовали полиномы некоторого порядка:

$$Y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_kx^k,$$

где k — порядок полинома.

Результаты исследований и обсуждение

Погодные факторы в период роста и развития яровой пшеницы в годы исследований отличались резкой засушливостью, которая характерна в 2015—2021 гг. для Оренбургского Приуралья. Формирование урожайности основных сельскохозяйственных культур проходит при нарастании температуры воздуха с началом вегетации на фоне недостатка продуктивной влаги. Такая картина условий вегетации была характерна и в годы наших исследований.

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. М., 2019. 329 с.

При оценке периодов вегетации по гидротермическому коэффициенту [22] годы исследований характеризовались резкой засушливостью (табл. 1). Особо засушливыми были в 2019 г. май, в 2020 г. — весь период вегетации, в 2022 г. — июнь, а в 2023 г. — май — июнь. В 2023 г. в мае выпала 4-месячная норма осадков, но резкое повышение температуры воздуха в июне — июле не позволило реализовать максимальную продуктивность.

Таблица 1

Гидротермический коэффициент за май – июль в 2019–2023 гг.

Месяцы	Гидротермический коэффициент, ед.			
	2019	2020	2022	2023
За май – июль	0,61	0,38	1,10	0,54
В том числе за: май	0,18	0,60	3,35	0,27
июнь	0,50	0,34	0,30	0,55
июль	1,36	0,28	0,59	0,76

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 1

Hydrothermal coefficient for May – July in 2019–2023

Months	Hydrothermal coefficient			
	2019	2020	2022	2023
May – July	0.61	0.38	1.10	0.54
Including: May	0.18	0.60	3.35	0.27
June	0.50	0.34	0.30	0.55
July	1.36	0.28	0.59	0.76

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

В сложившихся условиях прохождения вегетации и формирования продуктивности колоса мы сочли нужным провести оценку ее составляющих.

Урожайность сортов в опыте в среднем за 4 года составила 13,4 ц с 1 га с максимальным значением 17,4 ц с 1 га в 2022 г. и минимальным — 10,1 ц с 1 га в 2019 г. (табл. 2). Более урожайным как в среднем за 4 года, так и по каждому году отдельно оказался сорт Ульяновская 105. Два сорта — Учитель и Саратовская 42 — показали низкую среднюю урожайность за 4 года (соответственно 9,3 и 11,0 ц с 1 га) и в течение всех лет опытов. Остальные сорта сформировали урожайность от 12,9 до 14,6 ц с 1 га.

Проведена оценка экологической пластичности сортов по каждому году по методу Грязнова [23] с ранжированием показателей за годы опытов (табл. 3).

Наиболее пластичным оказался сорт Ульяновская 105, два последующих места в ранге заняли сорта Тулайковская золотистая и Саратовская 70, а наименьшая пластичность — у сортов Учитель, Оренбургская 13 и Саратовская 42. Таким образом, сорта яровой пшеницы в годы их изучения отличались значительными отклонениями в урожайности и демонстрировали разную экологическую пластичность.

Таблица 2

**Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы
в Оренбургском Приуралье в 2019–2023 гг.**

Наименование сорта	Урожайность, ц с 1 га				
	2019	2020	2022	2023	Средняя
1. Учитель – контроль	8,4	9,2	10,7	8,9	9,3
2. Ульяновская 105	14,3	16,8	26,2	17,0	18,6
3. Саратовская 42	7,8	12,9	12,3	10,8	11,0
4. Саратовская 70	10,9	15,6	17,1	11,9	13,9
5. Оренбургская 13	8,7	11,8	18,8	11,4	12,7
6. Оренбургская 30	9,5	14,7	17,8	13,1	13,8
7. Оренбургская 23	10,5	13,4	18,5	12,7	13,8
8. Тулайковская золотистая	11,4	15,0	18,5	13,6	14,6
9. Оренбургская юбилейная	9,8	12,3	16,3	13,3	12,9
Средняя	10,1	13,5	17,4	12,5	13,4
НСР ₀₅	1,95	1,96	2,13	0,86	

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 2

Yield of spring soft wheat varieties in the Orenburg Urals in 2019–2023

Variety	Yield, centners per ha				
	2019	2020	2022	2023	Average
1. Uchitel (control)	8.4	9.2	10.7	8.9	9.3
2. Ulyanovskaya 105	14.3	16.8	26.2	17.0	18.6
3. Saratovskaya 42	7.8	12.9	12.3	10.8	11.0
4. Saratovskaya 70	10.9	15.6	17.1	11.9	13.9
5. Orenburgskaya 13	8.7	11.8	18.8	11.4	12.7
6. Orenburgskaya 30	9.5	14.7	17.8	13.1	13.8
7. Orenburgskaya 23	10.5	13.4	18.5	12.7	13.8
8. Tulaykovskaya zolotistaya	11.4	15.0	18.5	13.6	14.6
9. Orenburgskaya yubileynaya	9.8	12.3	16.3	13.3	12.9
Average	10.1	13.5	17.4	12.5	13.4
LSD ₀₅	1.95	1.96	2.13	0.86	

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

Таблица 3

**Результаты расчета рангов сортов по урожайности в 2019–2023 гг.
и их итоговая оценка**

Наименование сорта	Ранг				Сумма рангов	Место
	2019	2020	2022	2023		
1. Учитель – контроль	8	9	8	9	34	9
2. Ульяновская 105	1	1	1	1	4	1

Окончание табл. 3

Наименование сорта	Ранг				Сумма рангов	Место
	2019	2020	2022	2023		
3. Саратовская 42	9	6	7	8	30	8
4. Саратовская 70	3	2	5	6	16	3
5. Оренбургская 13	7	8	2	7	24	7
6. Оренбургская 30	6	4	4	4	18	5
7. Оренбургская 23	4	5	3	5	17	4
8. Тулайковская золотистая	2	3	3	2	10	2
9. Оренбургская юбилейная	5	7	6	3	21	6

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 3

**The results of calculating the grades of varieties by yield in 2019–2023
and their final assessment**

Variety	Grade				Sum of grades	Place
	2019	2020	2022	2023		
1. Uchitel (control)	8	9	8	9	34	9
2. Ulyanovskaya 105	1	1	1	1	4	1
3. Saratovskaya 42	9	6	7	8	30	8
4. Saratovskaya 70	3	2	5	6	16	3
5. Orenburgskaya 13	7	8	2	7	24	7
6. Orenburgskaya 30	6	4	4	4	18	5
7. Orenburgskaya 23	4	5	3	5	17	4
8. Tulaykovskaya zolotistaya	2	3	3	2	10	2
9. Orenburgskaya yubileynaya	5	7	6	3	21	6

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа указали (табл. 4) на наличие достоверных связей урожайности яровой мягкой пшеницы и числа продуктивных стеблей на единице площади, а также массы 1000 зерен, числа колосков в колосе, числа зерен в колосе и массы зерна с колоса.

Полученные при этом графики связи рассматриваемых зависимостей показали, что теоретической урожайности в пределах от 14,9 до 19,1 ц с 1 га соответствуют показатели продуктивности колоса по числу зерен в колосе 25,7 шт., массе 1000 зерен 35,8 г, числу колосков в колосе 13,6 шт., массе зерна с колоса 0,75 г. По показателю длины колоса результаты математических связей оказались недостоверными.

Урожайность посева, как известно, складывается из продуктивности отдельных колосьев, что, в свою очередь, может определяться погодными факторами и сортовыми особенностями.

Таблица 4

Зависимость урожайности яровой мягкой пшеницы от показателей продуктивности колоса

Коррелируемые величины	Параметр величин (M ± G)	v, %	η_{yx}	F	
				факт.	теор.
Число зерен в колосе, индекс x_1 , шт.	$\frac{8,40-25,70^*}{17,90 \pm 3,5}$	29,29	–	–	–
Урожайность зерна y_1 , т с 1 га,	$\frac{1,03 - 1,73}{1,34 \pm 0,19}$	24,01	0,505	3,27	1,76

$$y_1 = 22,565 - 1,287x + 4,188 - 0,2x^2, \text{ т с 1 га, для 74,51 \% случаев}$$

Длина колоса x_2 , см	$\frac{5,60 - 8,20}{6,80 \pm 0,67}$	9,91	–	–	–
Урожайность y_2 , т с 1 га	$\frac{1,01 - 1,65}{1,33 \pm 0,16}$	12,26	0,501	1,26	1,46

$$y_2 = -49,643 + 17,987x_2 - 1,271x_2^2, \text{ т с 1 га, не удовлетворяет}$$

Число колосков в колосе x_3 , шт.	$\frac{9,00 - 13,60}{11,10 \pm 1,17}$	10,6	–	–	–
Урожайность y_3 , т с 1 га	$\frac{1,00 - 2,24}{1,35 \pm 0,23}$	17,1	0,678	3,74	1,76

$$y_3 = 63,714 - 10,360x_3 + 0,620x_3^2, \text{ т с 1 га, для 65,60 \% случаев}$$

Масса зерна с 1 колоса x_4 , г	$\frac{0,27 - 0,75}{0,50 \pm 0,11}$	21,01	–	–	–
Урожайность y_4 , т с 1 га	$\frac{0,94 - 1,67}{1,33 \pm 0,17}$	12,60	0,602	4,52	1,46

$$y_4 = 17,752 - 2,125x_4, \text{ т с 1 га, для 76,29 \% случаев}$$

Масса 1000 зерен x_5 , г	$\frac{24,49 - 35,83}{29,90 \pm 2,96}$	9,89	–	–	–
Урожайность y_5 , т с 1 га	$\frac{1,04 - 1,87}{1,34 \pm 0,23}$	17,50	0,841	3,23	1,76

$$y_5 = 53,883 - 3,327x_5 + 6,533 - 0,2x_5^2, \text{ т с 1 га, для 70,80 \% случаев}$$

Примечание. * В числителе указаны минимальные и максимальные показатели признака.

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 4

Table 4

Dependence of spring soft wheat yield on ear productivity indicators

Correlated indicators	Indicator parameter (M ± G)	v, %	η_{yx}	F	
				act.	theor.
Number of grains per ear, x_1 index	$\frac{8.40-25.70^*}{17.90 \pm 3.5}$	29.29	–	–	–
Grain yield y_1 , tons per ha	$\frac{1.03 - 1.73}{1.34 \pm 0.19}$	24.01	0.505	3.27	1.76
$y_1 = 22.565 - 1.287x_1 + 4.188 - 0.2x_1^2$, t per 1 ha, for 74.51% of cases					
Ear length x_2 , cm	$\frac{5.60 - 8.20}{6.80 \pm 0.67}$	9.91	–	–	–
Productivity y_2 , tons per 1 ha	$\frac{1.01 - 1.65}{1.33 \pm 0.16}$	12.26	0.501	1.26	1.46
$y_2 = -49.643 + 17.987x_2 - 1.271x_2^2$, t per 1 ha, does not satisfy					
Number of spikelets per ear x_3	$\frac{9.00 - 13.60}{11.10 \pm 1.17}$	10.6	–	–	–
Productivity y_3 , tons per ha	$\frac{1.00 - 2.24}{1.35 \pm 0.23}$	17.1	0.678	3.74	1.76
$y_3 = 63.714 - 10.360x_3 + 0.620x_3^2$, t per 1 ha, for 65.60% of cases					
Grain weight per ear, g (x_4)	$\frac{0.27 - 0.75}{0.50 \pm 0.11}$	21.01	–	–	–
Productivity y_4 , tons per ha	$\frac{0.94 - 1.67}{1.33 \pm 0.17}$	12.60	0.602	4.52	1.46
$y_4 = 17.752 - 2.125/x_4$, t per ha, for 76.29% of cases					
Weight of 1000 grains x_5 , g	$\frac{24.49 - 35.83}{29.90 \pm 2.96}$	9.89	–	–	–
Productivity y_5 , tons per ha	$\frac{1.04 - 1.87}{1.34 \pm 0.23}$	17.50	0.841	3.23	1.76
$y_5 = 53.883 - 3.327x_5 + 6.533 - 0.2x_5^2$, t per 1 ha, for 70.80% of cases					

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

В наших исследованиях длина колоса изменялась по годам опытов от 6,2 до 7,5 см и различалась по сортам от 6,4 до 7,1 см, но эти значения оказались малосущественными для определения различий в продуктивности агроценоза (табл. 5).

Таблица 5

Длина колоса сортов яровой мягкой пшеницы в 2019–2023 гг.

Название сорта	Длина колоса, см				
	2019	2020	2022	2023	Средняя
1. Учитель – контроль	6,9	8,2	6,2	6,7	7,0
2. Ульяновская 105	7,3	7,9	7,2	5,8	7,1
3. Саратовская 42	5,6	7,1	6,7	6,0	6,4
4. Саратовская 70	6,0	7,1	7,4	5,7	6,6
5. Оренбургская 13	6,5	8,1	7,0	6,5	7,0
6. Оренбургская 30	7,2	7,1	6,5	5,8	6,7
7. Оренбургская 23	6,9	7,6	6,8	6,3	6,9
8. Тулайковская золотистая	6,5	7,0	6,1	5,8	6,4
9. Оренбургская юбилейная	7,0	7,4	7,2	7,0	6,8
Средняя	6,7	7,5	6,8	6,2	6,8

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 5

Ear length of spring soft wheat varieties in 2019–2023

Variety	Ear length, cm				
	2019	2020	2022	2023	Average
1. Uchitel (control)	6.9	8.2	6.2	6.7	7.0
2. Ulyanovskaya 105	7.3	7.9	7.2	5.8	7.1
3. Saratovskaya 42	5.6	7.1	6.7	6.0	6.4
4. Saratovskaya 70	6.0	7.1	7.4	5.7	6.6
5. Orenburgskaya 13	6.5	8.1	7.0	6.5	7.0
6. Orenburgskaya 30	7.2	7.1	6.5	5.8	6.7
7. Orenburgskaya 23	6.9	7.6	6.8	6.3	6.9
8. Tulaykovskaya zolotistaya	6.5	7.0	6.1	5.8	6.4
9. Orenburgskaya yubileynaya	7.0	7.4	7.2	7.0	6.8
Average	6.7	7.5	6.8	6.2	6.8

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

Число колосков в колосе определяется благоприятностью условий года как в период вегетативного развития растений, когда закладываются метамеры колосковых бугорков, так и в генеративный период, когда формируется их окончательное количество. В наших исследованиях (табл. 6) число колосков в колосе имело существенную ($r = 0,678$) связь с урожаем и изменялось от 13,6 шт. у сорта Ульяновская 105 в 2019 г. до 9,2 шт. у сорта Саратовская 42 в 2023 г.; что в значительной степени обуславливалось существенной засушливостью мая и наложением отрицательных факторов гидротермического режима последующих месяцев.

Таблица 6

Число колосков в колосе сортов яровой мягкой пшеницы в 2019–2023 гг.

Название сорта	Число колосков в колосе, шт.				
	2019	2020	2022	2023	Среднее
1. Учитель – контроль	11,5	11,8	10,4	9,8	10,9
2. Ульяновская 105	13,0	12,9	13,6	9,9	12,4
3. Саратовская 42	9,6	11,1	11,4	9,2	10,3
4. Саратовская 70	10,5	11,4	12,0	9,4	10,8
5. Оренбургская 13	10,7	12,3	10,5	9,0	10,6
6. Оренбургская 30	11,5	11,3	11,2	9,6	10,9
7. Оренбургская 23	12,1	11,8	10,8	9,4	11,0
8. Тулайковская золотистая	12,5	11,5	10,9	9,3	11,1
9. Оренбургская юбилейная	11,8	12,0	11,6	10,7	11,5
Среднее	11,5	11,9	11,4	9,6	11,1

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 6

Number of spikelets per ear of spring soft wheat varieties in 2019–2023

Variety	Number of spikelets per ear				
	2019	2020	2022	2023	Average
1. Uchitel (control)	11.5	11.8	10.4	9.8	10.9
2. Ulyanovskaya 105	13.0	12.9	13.6	9.9	12.4
3. Saratovskaya 42	9.6	11.1	11.4	9.2	10.3
4. Saratovskaya 70	10.5	11.4	12.0	9.4	10.8
5. Orenburgskaya 13	10.7	12.3	10.5	9.0	10.6
6. Orenburgskaya 30	11.5	11.3	11.2	9.6	10.9
7. Orenburgskaya 23	12.1	11.8	10.8	9.4	11.0
8. Tulaykovskaya zolotistaya	12.5	11.5	10.9	9.3	11.1
9. Orenburgskaya yubileynaya	11.8	12.0	11.6	10.7	11.5
Average	11.5	11.9	11.4	9.6	11.1

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

Число зерен в колосе — наиболее важная составляющая продуктивности посевов. В сумме с количеством колосков она определяет окончательную продуктивность посева. В годы с засушливостью мая (2019 и 2023) с ГТК 0,18 ед. и 0,27 ед. соответственно данный показатель резко снижался, особенно у сорта Учитель (табл. 7). При росте гидротермического коэффициента до значений 0,60 ед и выше число зерен в колосе значительно возрастало. В число сортов с наибольшим числом зерен в колосе вошли Ульяновская 105, Саратовская 70, Оренбургская 23. Подавляющее преимущество по озерненности колоса у сорта Ульяновская 105, два сорта (Оренбургская 23 и Саратовская 70) незначительно уступили ему. Данный показатель существенно возрастает в годы с относительно высокими значениями ГТК в мае — 2020 и 2023 гг. на фоне усиления засушливости в последующем.

Таблица 7

Число зерен в колосе сортов яровой мягкой пшеницы в 2019–2023 гг.

Название сорта	Число зерен в колосе, шт.				
	2019	2020	2022	2023	Среднее
1. Учитель – контроль	8,4	16,1	16,2	14,5	13,8
2. Ульяновская 105	18,7	25,7	22,0	19,3	21,4
3. Саратовская 42	14,2	17,0	18,0	14,3	15,9
4. Саратовская 70	21,0	23,0	17,1	14,7	19,0
5. Оренбургская 13	18,0	20,2	18,0	17,0	18,3
6. Оренбургская 30	12,0	20,5	20,0	15,8	17,1
7. Оренбургская 23	19,3	18,1	22,0	19,0	19,6
8. Тулайковская золотистая	13,0	23,0	21,0	15,8	18,2
9. Оренбургская юбилейная	20,0	18,8	19,5	14,9	18,3
Среднее	16,1	20,3	19,3	16,1	18,0

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 7

Number of grains per ear of spring soft wheat varieties in 2019–2023

Variety	Number of grains per ear				
	2019	2020	2022	2023	Average
1. Uchitel (control)	8.4	16.1	16.2	14.5	13.8
2. Ulyanovskaya 105	18.7	25.7	22.0	19.3	21.4
3. Saratovskaya 42	14.2	17.0	18.0	14.3	15.9
4. Saratovskaya 70	21.0	23.0	17.1	14.7	19.0
5. Orenburgskaya 13	18.0	20.2	18.0	17.0	18.3
6. Orenburgskaya 30	12.0	20.5	20.0	15.8	17.1
7. Orenburgskaya 23	19.3	18.1	22.0	19.0	19.6
8. Tulaykovskaya zolotistaya	13.0	23.0	21.0	15.8	18.2
9. Orenburg yubileynaya	20.0	18.8	19.5	14.9	18.3
Average	16.1	20.3	19.3	16.1	18.0

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

Масса зерна с колоса сопряжена с числом зерен в колосе и определяется как погодными факторами, так и сортовыми особенностями. Различия в данном показателе между относительно благоприятными (2020 и 2022 гг.) и более засушливыми (2019 и 2023) годами составили 21,7...32,6 % (табл. 8). Наиболее массивный колос сформировали сорта Ульяновская 105, Саратовская 70, Оренбургская 23.

Таблица 8

Масса зерна с 1 колоса сортов яровой мягкой пшеницы в 2019–2023 гг.

Название сорта	Масса зерна с 1 колоса, г				
	2019	2020	2022	2023	Средняя
1. Учитель – контроль	0,27	0,42	0,44	0,33	0,37
2. Ульяновская 105	0,63	0,67	0,66	0,52	0,62
3. Саратовская 42	0,38	0,47	0,49	0,38	0,43
4. Саратовская 70	0,49	0,75	0,51	0,40	0,54
5. Оренбургская 13	0,52	0,57	0,52	0,42	0,49
6. Оренбургская 30	0,43	0,62	0,57	0,50	0,53
7. Оренбургская 23	0,54	0,53	0,66	0,46	0,55
8. Тулайковская золотистая	0,41	0,62	0,60	0,39	0,51
9. Оренбургская юбилейная	0,44	0,51	0,56	0,46	0,49
Средняя	0,46	0,57	0,56	0,43	0,50

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 8

Grain weight per 1 ear of spring soft wheat varieties in 2019–2023

Variety	Grain weight per ear, g				
	2019	2020	2022	2023	Average
1. Uchitel (control)	0.27	0.42	0.44	0.33	0.37
2. Ulyanovskaya 105	0.63	0.67	0.66	0.52	0.62
3. Saratovskaya 42	0.38	0.47	0.49	0.38	0.43
4. Saratovskaya 70	0.49	0.75	0.51	0.40	0.54
5. Orenburgskaya 13	0.52	0.57	0.52	0.42	0.49
6. Orenburgskaya 30	0.43	0.62	0.57	0.50	0.53
7. Orenburgskaya 23	0.54	0.53	0.66	0.46	0.55
8. Tulaykovskaya zolotistaya	0.41	0.62	0.60	0.39	0.51
9. Orenburg yubileynaya	0.44	0.51	0.56	0.46	0.49
Average	0.46	0.57	0.56	0.43	0.50

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

Масса 1000 зерен — одно из основных слагаемых урожайности, характеризующих уровень агротехники, сортовые особенности. Различия по данному показателю между годами опытов составили от 0,03 до 0,14 г (0,07...32,6 %), а между сортами доходили до 0,25 г (67,6 %) (табл. 9). Резкая засушливость июля в 2020 г. с ГТК 0,28 ед. существенно снизила наполнение зерна, в итоге масса 1000 зерен была в среднем самой низкой по опыту (0,27 г), хотя отдельные сорта и в этих условиях сформировали массу 1000 зерен более чем 30,0 г: Оренбургская 30, Саратовская 70, Оренбургская 23 и Оренбургская юбилейная. В тоже время при относительно благоприятных условиях 2022 г. и средней массе 1000 зерен 32,36 г сорта Саратовская 42 и Учитель имели массу 1000 зе-

рен 27,38...28,10 г, что свидетельствует об их неустойчивости к засушливости. Следует выделить три сорта: Оренбургская 30, Оренбургская юбилейная и Оренбургская 23 — с высокой абсолютной массой зерна.

Таблица 9

Масса 1000 зерен сортов яровой мягкой пшеницы в 2019–2023 гг.

Название сорта	Масса 1000 зерен, г				
	2019	2020	2022	2023	Средняя
1. Учитель – контроль	27,12	28,01	27,38	29,31	27,96
2. Ульяновская 105	30,09	28,09	33,69	27,36	29,81
3. Саратовская 42	27,41	28,81	28,10	30,07	28,60
4. Саратовская 70	29,96	30,30	33,46	26,94	30,17
5. Оренбургская 13	29,24	30,34	31,57	28,16	29,83
6. Оренбургская 30	32,23	31,51	35,83	31,46	32,76
7. Оренбургская 23	30,12	28,03	35,02	32,44	31,40
8. Тулайковская золотистая	24,49	27,78	31,54	24,49	27,08
9. Оренбургская юбилейная	25,13	31,40	34,68	30,74	30,49
Средняя	29,12	25,99	32,36	29,00	29,12

Источник: выполнено И.Н. Бесалиевым, Е.А. Ивановой.

Table 9

Weight of 1000 grains of spring soft wheat varieties in 2019–2023

Variety	Weight of 1000 grains, g				
	2019	2020	2022	2023	Average
1. Uchitel (control)	27.12	28.01	27.38	29.31	27.96
2. Ulyanovskaya 105	30.09	28.09	33.69	27.36	29.81
3. Saratovskaya 42	27.41	28.81	28.10	30.07	28.60
4. Saratovskaya 70	29.96	30.30	33.46	26.94	30.17
5. Orenburgskaya 13	29.24	30.34	31.57	28.16	29.83
6. Orenburgskaya 30	32.23	31.51	35.83	31.46	32.76
7. Orenburgskaya 23	30.12	28.03	35.02	32.44	31.40
8. Tulaykovskaya zolotistaya	24.49	27.78	31.54	24.49	27.08
9. Orenburg yubileynaya	25.13	31.40	34.68	30.74	30.49
Average	29.12	25.99	32.36	29.00	29.12

Source: created by I.N. Besaliev, E.A. Ivanova.

Условия Оренбургского Приуралья отличаются крайней засушливостью с началом вегетации зерновых культур. В отдельные годы недостаток осадков на фоне высокой температуры воздуха сопровождает весь период вегетации. Наиболее жесткие проявления таких факторов наблюдались в конце первого десятилетия — первой половине третьего десятилетия XXI в. и невысокие урожаи сортов объясняются их частым повторением. Но отдельные сорта в этих условиях, как

видно из наших данных, сравнительно более урожайные: Ульяновская 105, Саратовская 70, Тулайковская золотистая, Оренбургская 30, Оренбургская юбилейная, что подчеркивает их экологическую приспособленность. Эти сорта формируют более продуктивный колос, особенно по показателям массы зерна с колоса, массы 1000 зерен, числа зерен в колосе, что отмечается и в исследованиях [24], когда в условиях засушливости вегетационного периода более продуктивному сорту одновременно присущи высокие слагаемые продуктивности колоса. В наших опытах сорт Учитель проявил наименьшую адаптивность к условиям лет исследований, что подчеркивается и в недавних исследованиях [25], в которых установлено, что на развитие зерна яровой пшеницы оказывают влияние также способы обработки почвы. Так, вспашка приводила к удлинению колоса у сортов мягкой пшеницы, безотвальное рыхление зяби — к уменьшению длины колоса у сортов твердой пшеницы, а у сорта Учитель при посеве по пару было значительно меньше фертильных колосков по сравнению с аналогичным показателем у этого сорта при посеве по вспашке и безотальному рыхлению.

Заключение

В целом, можно отметить, что основным фактором снижения продуктивности яровой пшеницы в зоне Оренбургского Приуралья в 2010—2021 гг. является нарастание температуры воздуха и неравномерное выпадение осадков, что в совокупности определяет резкую аридность климата. Одним из способов, обеспечивающих приспособленность к таким условиям, является выведение соответствующих сортов. Наши результаты доказывают, это возможно. Исследованиями установлено, что сорта яровой мягкой пшеницы Ульяновская 105, Саратовская 70, Тулайковская золотистая, Оренбургская 30, Оренбургская юбилейная формируют колос с более продуктивными показателями по числу зерен в колосе, массы зерна с колоса и массе 1000 зерен, что позволяет им в итоге увеличить урожайность.

Список литературы

1. *Tilman D., Balser C., Hill J., Befort B.L.* Global food demand and the sustainable intensification of agriculture // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2011. Vol. 108. № 50. P. 20260—20264. doi: 10.1073/pnas.1116437108
2. *Li L., Peng Z., Mao X., Wang J., Chang X., Reynolds M., Jing R.* Genome — wide association study reveals genomic regions controlling root and shoot traits at late growth stages in wheat. *Annals of Botany*. 2019. Vol. 124. P. 993—1006. doi: 10.1093/aob/mcz 041
3. *Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А.* Характеристика весенне-летних засух в сухие влажные периоды на юге Европейской России // *Аридные экосистемы*. 2020. Т. 26. № 4(85). С. 76—83. doi: 10.24411/1993-3916-2020-10121
4. *Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б.* Весенне-летние засухи в степях Оренбуржья: современные изменения и модельные прогнозы // *Степи Северной Евразии : материалы девятого Международного симпозиума*. Оренбург, 07—11 июня 2021. С. 849—853. doi: 10.24412/cl-36359-2021-849-853
5. *Афанасьев В.Н.* Изменение климата и адаптация к его изменениям урожайности зерновых культур: статистические исследования // *Сборник докладов 11 открытого российского конгресса «Статистика — язык цифровой цивилизации»*. Ростов-на-Дону, 04—06 декабря 2018. С. 570—581.

6. Неверов А.А. Влияние глобальных изменений в климатической системе планеты на погодноклиматические условия Оренбуржья и продуктивность растений // Известия ОГАУ. 2020. № 4 (84). С. 19—25. doi: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-19-25
7. Jaiswal V., Gahlaut V., Meher P.K., Mir R.R., et al. Genome wide single locus single trait, multi locus and multi-trait association agronomic traits in common wheat (*T. aestivum*) // Plos One. 2016. doi: 10.1371/journal.pone.0159343
8. Sun C., Zhang F., Yan X., Zhang X., Dong Z., Cui D., Chen F. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China // Plant Biotechnology journal. 2017. Vol. 15. № 8. P. 953—969. doi: 10.1111/pbi.12690
9. Бесалиев И.Н., Панфилов А.Л., Абдраштов Р.Р. Научно обоснованные параметры агроценоза яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Приуралья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 14—22. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-01
10. Afzal F., Reddy B., Gul A., Khalid M., Subhani A., Shazadi A., et al. Physiological, biochemical and agronomic traits associated with drought tolerance in a synthetic — derived wheat diversity panel // Grop Pasture Sci. 2017. Vol. 68. № 3. P. 213—224. doi: 10.1071/CP16367
11. Sobhanininan N., Heidari, B., Tahmasebi S., Dadkhodaie A., Mcinyre C.L. Response of quantitative and physiological traits to drought stress in the SeriM82/Babax wheat population // Euphytica. 2019. Vol. 215. № 2. P. 1—15 doi: 10.1007/s10681-019-2357-x
12. Pradha G.P., Prasad P., Fritz A.K., Kirkham M.B., Gill B.S. Effects of drought and high temperature stress on synthetic hexaploid wheat // Funct. Plant Biol. 2012. № 39. P. 190—198. doi: 10.1071/FP11245
13. Таранова Т.Ю., Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Муллаянова О.С., Чекмасова К.Ю. Селекционная оценка исходного материала яровой мягкой пшеницы по продуктивности и ее элементам // Вестник Красноярского Государственного университета. 2021. № 5. С. 81—88. doi: 10.36718/1819-4036-2021-5-81-88
14. Плотникова Л.Я., Глушаков Д.А., Юсов В.С. Результаты изучения засухоустойчивости твердой пшеницы и ее компонентов в Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (48). С. 56—70. doi: 10.48136/2222-0364-2022-4-56
15. Воробьев В.А., Воробьев А.В. Влияние влагообеспеченности вегетационного периода на смену рангов сортов яровой пшеницы по урожайности и элементам ее структуры // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 8. С. 29—32. doi: 10/24411/0235-2451-2019-0806
16. Бойко Н.И., Пискарев В.В., Тимофеева А.А. Особенности формирования урожайности пшеницы мягкой яровой в контрастных погодных условиях лесостепи Приобья // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 3 (19). С. 135—141.
17. Мухитов Л.А., Тимошенкова Т.А. Морфологические признаки сортов *Triticum durum* в условиях степи Оренбургского Предуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10 (185). С. 37—42.
18. Сигнаевский В.Д., Степанов С.А., Болдырев В.А. Влияние засухи на продуктивность яровой мягкой пшеницы // Известия Саратовского университета Серия: Химия, Биология, Экология. 2014. Т. 14. № 2. С. 50—54.
19. Осипова Л.В., Ниловская Н.Т. Формирование зачаточного колоса и продуктивность сортов яровой пшеницы в условиях нарастающей почвенной засухи // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 5. С. 14—15.
20. Plotnikova L. Ya., Sagendykova A.T., Kuzmina S.P. Drought resistance of introgressive spring common wheat lines with genetic material of tall wheatgrass. Proceedings on applied botany genetics and Breeding. 2023. Vol. 184. № 2. P. 38—51. doi: 10.30901/2227-8834-2023-2-38-51
21. Фёрстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа / пер. с нем. В.М. Ивановой. М. : Финансы и статистика, 1983. 304 с.
22. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. № . 20. С. 165—177.
23. Грязнов А.А. Ячмень Карабалькский (корм, крупа, пиво). Кустанай, 1996. 448 с.
24. Ленточкин А.М. Связь уровня продуктивности колоса яровой пшеницы Ирень с его слагаемыми // Вековое растениеводство: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры растениеводства. Пермь, 2023. С. 120—125.
25. Baranoba E.N., Aniskina T.S., Sudarikov K.A., Besaliev I.N. Phenotyping wheat kernel symmetry as a consequence of different agronomic practices // Symmetry. 2024. Vol. 16. № 5. P. 548. doi: 10.3390/sym16050548

References

1. Tilman D, Balser C, Hill J, Belfort BL. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2011;108(50):20260—20264. doi: 10.1073/pnas.1116437108
2. Li L, Peng Z, Mao X, Wang J, Chang X, Reynolds M, et al. Genome — wide association study reveals genomic regions controlling root and shoot traits at late growth stages in wheat. *Annals of Botany*. 2019;124(6):993—1006. doi: 10.1093/aob/mcz 041
3. Zolotokrylin AN, Titkova TB, Cherenkova EA. Characteristics of spring-summer droughts during dry wet periods in the south of European Russia. *Arid ecosystems*. 2020;26(4):76—83. (In Russ.). doi: 10.24411/1993-3916-2020-10121
4. Cherenkova EA, Zolotokrylin AN, Titkova TB. Spring-summer droughts in the steppes of Orenburg region: modern changes and model forecasts. In: *Steppes of Northern Eurasia: conference proceedings*. Orenburg; 2021. p.849—853. (In Russ.). doi: 10.24412/cl-36359-2021-849-853
5. Afanasyev VN. Climate change and adaptation to changes in grain crop yields: statistical studies. In: *Statistics — the language of digital civilization: conference proceedings*. Rostov-on-Don, 2018. p.570—581. (In Russ).
6. Neverov AA. The influence of global changes in the planetary climatic system on the weather — climatic conditions and plant productivity in the Orenburg region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;(4):19—25. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-19-25
7. Jaiswal V, Gahlaut V, Meher PK, Mir RR, Jaiswal JP, Rao AR, et al. Genome wide single locus single trait, multi locus and multi-trait association agronomic traits in common wheat (*T. aestivum*) *Plos One*. 2016;11(7): e0159343. doi: 10.1371/journal.pone.0159343
8. Sun C, Zhang F, Yan X, Zhang X, Dong Z, Cui D, et al. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China. *Plant Biotechnology Journal*. 2017;15(8):953—969. doi: 10.1111/pbi.12690
9. Besaliev IN, Panfilov AL, Abdrashitov RR. Scientific-based parameters of agrocenosis of spring soft wheat in arid conditions of the Orenburg Urals. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;(2):14—22. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-01
10. Afzal F, Reddy B, Gul A, Khalid M, Subhani A, Shazadi A, et al. Physiological, biochemical and agronomic traits associated with drought tolerance in a synthetic-derived wheat diversity panel. *Grass Pasture Sci*. 2017;68(3):213—224. doi: 10.1071/CP16367
11. Sobhaninan N, Heidari B, Tahmasebi S, Dadkhodaie A, McInyre CL. Response of quantitative and physiological traits to drought stress in the SeriM82/Babax wheat population. *Euphytica*. 2019;215(2):32. doi: 10.1007/s10681-019-2357-x
12. Pradhan GP, Prasad PV, Fritz AK, Kirkham MB, Gill BS. Effects of drought and high temperature stress on synthetic hexaploid wheat. *Functional Plant Biology*. 2012;39(3):190—198. doi: 10.1071/FP11245
13. Taranova TY, Kincharov AI, Demina EA, Mullayanova OS, Chekmasova KY. Selection evaluation of soft spring wheat input material by productivity and its elements. *Bulletin of KSAU*. 2021;(5):81—88. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2021-5-81-88
14. Plotnikova LY, Glushakov DA, Yusov VS. Results of study of drought resistance of durum wheat and its components in Western Siberia. *Vestnik of Omsk SAU*. 2022;(4):56—70. (In Russ.). doi: 10.48136/2222-0364-2022-4-56
15. Vorobyov VA, Vorobyov AV. Effect of water supply during the vegetative season on a change in the ranking of spring wheat varieties in terms of yield and structural elements. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2019;33(8):29—32. (In Russ.). doi: 10/24411/0235-2451-2019-0806
16. Boyko NI, Piskarev VV, Timofeeva AA. Features of the formation of the yield of soft spring wheat in contrasting weather conditions of the forest-steppe of the Ob region. *Agricultural bulletin of Stavropol region*. 2015;(3):135—141. (In Russ.).
17. Mukhitov LA, Timoschenkova TA. Morphological features of *Triticum durum* varieties in the conditions of Orenburg Cis-Ural steppe. *Vestnik of the Orenburg state university*. 2015;(10):37—42. (In Russ.).
18. Signaevsky VD, Stepanov SA, Boldyrev VA. The impact of drought on the productivity of spring soft wheat. *Izvestiya of Saratov university. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2014;14(2):50—54. (In Russ.).
19. Osipova LV, Nilovskaya NT. Influence of an increasing soil drought on a rudimentary ear and productivity of wheat varieties. *Russian Agricultural Sciences*. 2015;(5):14—15. (In Russ.).
20. Plotnikova LY, Sagendykova AT, Kuzmina SP. Drought resistance of introgressive spring common wheat lines with genetic material of tall wheatgrass. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2023;184(2):38—51. doi: 10.30901/2227-8834-2023-2-38-51

21. Förster E, Rönz B. *Metody korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza (perevod s nemetskogo V.M. Ivanovoi)* [Methods of correlation and regression analysis (translation from German by V.M. Ivanova)]. Moscow; 1983. (In Russ.).
22. Selyaninov GT. Agricultural climate assessment. *Trudy po sel'skokhozyaistvennoi meteorologii*. 1928;(20):165—177. (In Russ.).
23. Gryaznov AA. *Yachmen' Karabalykskii (korm, krupa, pivo)* [Karabalyk barley (fodder, cereal, beer)]. Kustanai; 1996. (In Russ.).
24. Lentochkin AM. Relationship between the productivity level of an ear of spring wheat Iren and its components. In: *Century-old plant growing: conference proceedings*. Perm; 2023. p.120—125. (In Russ.).
25. Baranoba EN, Aniskina TS, Sudarikov KA, Besaliev IN. Phenotyping wheat kernel symmetry as a consequence of different agronomic practices. *Symmetry*. 2024; 16(5):548. doi: 10.3390/sym16050548

Об авторах:

Бесалиев Ишен Насанович — доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом технологии зерновых и кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: orniish_tzk@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9389-1938 SPIN-код: 7462-8950

Иванова Елена Алексеевна — кандидат биологических наук, научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: biaeelena201273@gmail.com

ORCID: 0009-0009-9260-4955 SPIN-код: 2420-8718

About the authors:

Besaliev Ishen Nasanovich — doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of Grain and Forage Crops Technology, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya st., Orenburg, 460000, Russian Federation; e-mail: orniish_tzk@mail.ru

ORCID 0000-0001-9389-1938 SPIN-code: 7462-8950

Ivanova Elena Alekseevna — Candidate of Biological Sciences, Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya st., Orenburg, 460000, Russian Federation; e-mail: biaeelena201273@gmail.com

ORCID: 0009-0009-9260-4955 SPIN-code: 2420-8718