

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА *TRITICUM DURUM DESF* В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Е.Ю. Подласова, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в растениеводстве, katerina.pryakhina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2985-198X;

А.А. Новикова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекционно-генетических исследований в растениеводстве, tony-novikova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6947-9262

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29

Цель исследования – определить взаимосвязь урожайности и качества зерна с метеорологическими условиями Оренбургского Предуралья. Полевые исследования были проведены в 2023–2024 гг. на базе опытных полей ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (поселок Нежинка, Оренбургский район). Результаты анализа показали, что сорт Безенчукская золотистая отличается повышенной адаптивностью к различным погодным условиям, демонстрируя максимальную продуктивность как при недостатке влаги (1,5 т/га), так и при ее избытке (2,3 т/га). Качество зерна также претерпевает изменения в зависимости от климатических условий. Содержание белка колебалось от 9 до 11,7 %, клейковины – от 19,3 до 34 %, ИДК – от 41 до 65 условных единиц, а индекс глютена – от 58,5 до 86,6 %. Наиболее высокие показатели зафиксированы у сорта Безенчукская золотистая. Выявлена прямая зависимость между урожайностью и среднесуточной температурой воздуха в августе: $r = 0,64$ ($p \leq 0,05$), а также между объемом выпавших осадков и ГТК в июле: $r = 0,79$ и $r = 0,59$ соответственно. Содержание белка продемонстрировало выраженную отрицательную корреляцию с количеством осадков и ГТК в мае: $r = -0,74$ и $r = -0,97$, июле: $r = -0,76$ и $r = -0,91$. Содержание клейковины положительно коррелировало со среднесуточной температурой июля – $r = 0,75$ и отрицательно – с объемом осадков: $r = -0,74$. Содержание сырой клейковины в манной крупе тесно связано со среднесуточной температурой воздуха и обратно пропорционально объему осадков в июле: $r = 0,62$ и $r = -0,67$ соответственно. Индекс глютена показал слабую взаимосвязь с температурой воздуха и осадками в июне: $r = 0,33$ и $r = 0,36$ и ГТК $r = 0,22$.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, урожайность, белок, качество клейковины, содержание клейковины, индекс глютена.

Для цитирования: Подласова Е.Ю., Новикова А.А. Урожайность и качество зерна *Triticum durum desf* в условиях Оренбургского Предуралья // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17. № 6. С. 82–89. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-101-6-82-89.



GRAIN PRODUCTIVITY AND QUALITY OF *TRITICUM DURUM DESF* IN THE ORENBURG CIS-URAL REGION

E.Yu. Podlasova, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for breeding and genetic research in plant breeding, katerina.pryakhina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2985-198X;

A.A. Novikova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory for breeding and genetic research in plant breeding, tony-novikova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6947-9262

Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, 9-th January Str., 29

The purpose of the current paper was to establish correlation between grain productivity and quality and weather conditions of the Orenburg Cis-Ural region. The field trials were conducted at the experimental plots of the FSBSI FRC BST RAS (v. of Nezlinka, Orenburg district) in 2023–2024. The analysis has shown that the variety 'Bezenchukskaya Zolotistaya' was characterized with increased adaptability to various weather conditions, demonstrating maximum productivity under both a moisture deficit (1.5 t/ha) and a moisture excess (2.3 t/ha). Grain quality also varied depending on weather conditions. Protein in grain ranged from 9 to 11.7 %, gluten ranged from 19.3 to 34 %, IDC ranged from 41 to 65 conventional units, and the gluten index ranged from 58.5 to 86.6 %. The variety 'Bezenchukskaya Zolotistaya' has demonstrated the largest values of these traits. There has been established a direct correlation between productivity and mean daily air temperature in August with $r = 0.64$ ($p \leq 0.05$), as well as between precipitation amount and HTC in July with $r = 0.79$ and $r = 0.59$, respectively. Protein percentage has shown a pronounced negative correlation with precipitation amount and HTC in May with $r = -0.74$ and $r = -0.97$ and in July with $r = -0.76$ and $r = -0.91$. Gluten percentage has correlated positively with the mean daily temperature in July with $r = 0.75$ and negatively with precipitation $r = -0.74$. The crude gluten percentage in semolina has been closely related to mean daily air temperature and inversely proportional to precipitation in July ($r = 0.62$ and $r = -0.67$, respectively). The gluten index has shown a weak correlation with air temperature and precipitation in June ($r = 0.33$ and $r = 0.36$), and HTC ($r = 0.22$).

Keywords: spring durum wheat, productivity, protein, gluten quality, gluten percentage, gluten index.

Введение. Главной задачей реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации является самообеспечение продовольственным зерном как страны в целом, так и отдельных ее регионов. С учетом вышеизложенного на первый план выходит задача производства зерна с заранее заданными технологическими свойствами, обеспечивающими производство продуктов питания определенного состава и назначения (Гончаров и др., 2018).

Яровая твердая пшеница (*Triticum durum* Desf) занимает второе место по распространенности после мягкой пшеницы, является не только экономически значимой культурой, но и источником ценной манной крупки, из которой изготавливаются макаронные и крупяные изделия (Евдокимов и др., 2021). При производстве качественных макарон зерно должно соответствовать определенным критериям стекловидности, содержанию белка, качеству и количеству клейковины и др. К базовым показателям определения качества зерна относят содержание клейковины и белка.

Клейковина, составляет около 80 % белкового компонента зерна и играет ключевую роль в формировании качества продукта (Васин и др., 2021). При этом большое значение имеет качество клейковины. Так, чрезмерно тянущаяся, липкая клейковина характеризуется высокими значениями ИДК и делает тесто пластичным, снижая его упругость и прочность (Ложкин и др., 2024). Однако и излишне слабая или, напротив, излишне упругая клейковина нежелательна для производства макарон. Мировой опыт в производстве макаронных изделий показывает, что качество клейковины оказывает более существенное влияние на макаронные свойства, чем ее количество или содержание белка (Розова и др., 2015).

На содержание белка и клейковины в зерне в большей степени влияют условия окружающей среды, в то время как качество клейкови-

ны в основном определяется генетикой сорта (Мухитов и др., 2021). В большинстве научных работ подчеркивается, что недостаток влаги и высокие температуры после формирования зерна способствуют увеличению содержания клейковины (Демина и др., 2022). Повышенная влажность воздуха может снижать качество клейковины, но не у всех сортов. А в условиях избыточной влаги и низких температур клейковина и вовсе может не отмываться (Подласова и др., 2024).

Цель данного исследования – определить взаимосвязь урожайности и качества зерна с метеорологическими условиями Оренбургского Предуралья.

Материалы и методы исследования. Полевые исследования проведены в Оренбургском Предуралье на базе опытных полей ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (п. Нежинка, Оренбургский район).

Объектом исследования являлись три генотипа яровой твердой пшеницы – Целинница (стандарт) (ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук), Безенчукская золотистая (Самарской НИИСХ), Луч 25 (НИИСХ Юго-Востока).

Опыт закладывали в 2023–2024 гг. по чистому пару, срок посева – первая декада мая, сеялкой СЗ-3,6 в четырехкратной повторности, площадь делянки 22 м² с нормой высева 4,5 млн всхожих зерен на 1 гектар. Уборку проводили в фазу восковой спелости зерна селекционным комбайном Terrion.

Почва опытного поля – чернозем южный среднесиловый средне гумусный. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составило 2,71–3,52 %, общего азота 0,25–0,26 %, подвижного фосфора 36,6–40,5 мг/кг, обменного калия 275,3–307,3 мг/кг, pH почвенного раствора 6,9–6,7.

Метеорологические условия за годы исследований можно характеризовать как типичные для резко континентального климата (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода яровой твердой пшеницы (2023–2024 гг.)
Table 1. Weather conditions for spring durum wheat vegetation (2023–2024)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °C			Осадки, мм		
		Среднесуточная			2023 г.	2024 г.	средне-многолетние
		2023 г.	2024 г.	средне-многолетняя			
Май	1	15,1	8,9	13,7	1	26	9
	2	14,2	11,4	15,4	12	11	9
	3	22,8	16,2	16,7	1,5	2	9
	месяц	17,5	12,3	15,3	14,5	39	27
Июнь	1	23,2	22,4	18,9	2	11	12
	2	20,7	26,9	20,8	16,5	3	12
	3	17,1	17,9	21,7	15	57	13
	месяц	20,3	22,4	20,5	33,5	71	37
Июль	1	26,2	24,5	22,2	4,5	1,5	13
	2	21,2	21,7	21,7	46	41	13
	3	24	20,1	22,3	6	10,5	13
	месяц	23,7	22	22,1	56,5	53	39

Продолжение табл. 1

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
		Среднесуточная			2023 г.	2024 г.	средне-многолетние
		2023 г.	2024 г.	средне-многолетняя			
Август	1	24,3	21,1	21,5	0	18	11
	2	24,9	17,5	20,1	0	23	10
	3	16,2	18,3	18,5	0	0	11
	месяц	21,6	19	20,5	0	41	32
ИТОГО		–	–	–	104,5	204	128

В 2023 г. недостаток влаги наблюдался на протяжении всего периода вегетации. В течение первой и второй декад мая среднесуточная температура воздуха колебалась в пределах 14,0–15,0 °С, что практически соответствовало средним многолетним показателям для этого времени года. Однако в третьей декаде мая установилась необычно жаркая погода с температурой 22,8 °С, превышающей среднемноголетнюю норму на 6,0 °С. В первой декаде июня температура продолжала оставаться аномально высокой, достигнув 23,2 °С.

Во второй и третьей декадах июня температура воздуха снизилась до 20,7–17,1 °С соответственно, что близко к обычным значениям, и выпало в общей сложности 32 мм осадков: 16,5 мм во второй декаде и 15 мм – в третьей. В первой декаде июля среднесуточная температура воздуха поднялась до 26,2 °С, сопровождаясь небольшим количеством осадков (4,5 мм). Во второй декаде июля произошло значительное снижение температуры воздуха до 21,7 °С, сопровождавшееся обильными осадками – 46 мм, что превысило среднемесячную норму на 39 мм. В результате улучшение погодных условий во время налива зерна способствовало формированию полноценного зерна.

В 2024 г. погодные условия отличались повышенной влажностью. Среднесуточная температура в мае составила 12,3 °С, что оказалось ниже на 3 °С средних многолетних значений. Помимо низких температур, происходило обильное выпадение осадков – 39 мм при среднемноголетней норме 27 мм. После майских холодов в первой и второй декадах июня началась аномальная жара, среднесуточная температура воздуха достигла 22,4, и 26,9 °С, что на 3,5 и 6,1 °С выше среднемноголетней нормы. В третьей декаде июня произошло резкое похолодание температуры воздуха до 17,9 °С, сопровождавшееся обильным выпадением ливневых осадков в количестве 57 мм, что превысило норму более чем в 4 раза. На смену прохладной погоде в конце июня и в первой декаде июля пришла новая волна жары – до 24,5 °С. Со второй декады июля и до конца августа температурный режим стабилизировался и был близок к норме, с периодическими осадками.

Суммарное количество осадков на опытном поле за период с мая по август составило 204 мм, что существенно превышает норму (128 мм). Превышение нормативных значений

наблюдалось по всем месяцам: в мае выпало 39 мм (норма – 27 мм), в июне – 71 мм (норма – 37 мм), в июле – 53 мм (норма – 39 мм), в августе – 41 мм (норма – 32 мм).

Анализ гидротермического коэффициента (ГТК) показал существенные различия между годами исследований. В 2023 г. ГТК в мае составил 0,31, что указывает на засушливые условия в начале вегетации. В июне показатель несколько увеличился – до 0,41, а в июле – до 0,52, что свидетельствует о сохраняющемся дефиците влаги. В августе осадки отсутствовали, ГТК равнялся 0, что подчеркивает остроту засухи в этот период.

В 2024 г. картина была совершенно иной. ГТК в мае составил 0,74, что отражает достаточное увлажнение почвы. В июне значение ГТК достигло 1,2, что указывает на избыточное увлажнение. Аналогичная ситуация наблюдалась и в июле, когда ГТК составил 1,27. В августе показатель несколько снизился – до 1,17, но по-прежнему свидетельствовал об оптимальном уровне влажности.

Анализ качества зерна проводили в лаборатории селекционно-генетических исследований в растениеводстве с использованием оборудования Центра коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (<https://skr-rf.ru>). Для оценки качественных показателей зерна у каждого генотипа было собрано по 250 г зрелых зерен. Процент стекловидных зерен и массу 1000 семян оценивали согласно ГОСТ 10987-76 и ГОСТ 12042-80.

Образцы цельнозерновой муки были получены с помощью лабораторной мельницы и впоследствии использовались для определения белка – ГОСТ 31463-2012, клетчатки – ГОСТ 31675-2012, жира – ГОСТ 13496.15-2016, золы – ГОСТ 26226-95, фосфора – ГОСТ 26657-97, калия и кальция – ГОСТ 32343-2013. Содержание клейковины и ИДК – ГОСТ Р 54478-2011, число падения – ГОСТ 27676-88. Количество сырой и сухой клейковины и индекс глютена в манной крупке определяли по ГОСТ ISO 21415-2-2019 с использованием комплекта оборудования марки Bastak 6000-6100 (Турция). Манную крупку получали с помощью вальцевой мельницы Rolermaks (Турция) методом отжига зерна твердой пшеницы в воде до влажности 16,5 %. Количество клейковины определяли промывкой в 2%-м солевом растворе (NaCl) с помощью аппарата Glutomatik 6100, а затем центрифугировали при 6000 об/мин, чтобы пропустить

влажную клейковину сквозь специально сконструированное сито. Процентное содержание сырой клейковины, измеренное после центрифугирования, использовали в качестве показателя количества сырой клейковины. Отношение массы клейковины, оставшейся после центрифугирования на сите, к общей массе отмытой клейковины соответствует индексу глютена. В очень слабых образцах глютена все вещества проходят сквозь сито (ИГ = 0), когда ничего не проходит (ИГ = 100 %). Массу сухой клейковины получали путем повторного взвешивания общей массы клейковины после высушивания на индексном устройстве Dry Gluter 2500 при температуре выше 150 °С в течение 4 мин. Процентное содержание сухой клейковины рассчитывали по следующей формуле: масса сухой клейковины, полученной после высушивания, делили на массу навески

муки, использованной для анализа, и умножали на 100 %. Анализ статистической связи погодных характеристик с продуктивностью и качеством зерна проводили по матрице парных коэффициентов корреляции, рассчитанных по временным рядам (2023–2024 гг.) в программе Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение. Урожайность яровой твердой пшеницы за два года исследования (2023–2024 гг.) изменялась в зависимости от сорта и метеорологических условий, что указывает на разную степень адаптивности. Сорт Безенчукская золотистая превзошел по этому показателю сорта Целинница и Луч 25, показав лучшие результаты как при дефиците влаги, так и при ее избытке. В 2023 г. урожайность увеличилась на 9,5 и 15 % ($HCP_{05} = 0,9$ т/га), а в 2024 г. – на 29,9 и 23,4 % ($HCP_{05} = 0,51$ т/га) соответственно.



Рис. 1. Урожайность и технологические свойства зерна яровой твердой пшеницы (средние за 2023–2024 гг.)
Fig. 1. Productivity and technological properties of spring durum wheat grain (mean in 2023–2024)

Аналогичная тенденция наблюдалась и по показателю массы 1000 зерен: если в засушливом 2023 г. этот показатель варьировал от 27,6 до 31,2 г, то в 2024 г. он составил 33,4–36,4 г. Наименьшее значение было зафиксировано у сорта Целинница, а наибольшее – у сорта Безенчукская золотистая.

Достоверной сортовой разницы по показателю стекловидности зерна яровой твердой пшеницы обнаружено не было. Однако в условиях засухи данный показатель находился в пределах 79–80 %, а в условиях переувлажнения – 70–77 % ($HCP_{05} = 0,3$ %).

Анализ химического состава зерна имеет первостепенное значение для определения качества муки и как следствие – качества макаронных изделий. Ключевыми компонентами, формирующими характеристики зерна, являются белки, жиры, углеводы и минеральные вещества. Их содержание напрямую влияет на технологические свойства зерна и реологические свойства теста. Результаты химического анализа зерна яровой твердой пшеницы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав зерна яровой твердой пшеницы (среднее за 2023–2024 гг.)
Table 2. Chemical composition of spring durum wheat grain (mean in 2023–2024)

Показатели	Сорт						Среднее	HCP ₀₅
	Безенчукская золотистая		Целинница		Луч 25			
	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.		
Массовая доля белка, %	11,7	10,3	11,2	9,0	10,7	9,8	10,4	0,7
Массовая доля сухого вещества, %	94,0	86,0	94,0	86,0	93,5	87,5	90,2	5,4
Массовая доля клетчатки, %	0,9	0,5	0,9	0,5	0,9	0,5	0,7	0,04
Массовая доля жира, %	3,5	2,3	1,9	1,3	1,5	2,1	2,1	0,2
Массовая доля сырой золы, %	2,7	2,1	1,1	0,9	2,2	2,1	3,7	0,2
Содержание фосфора, %	0,08	0,02	0,07	0,04	0,08	0,04	0,05	0,02
Содержание калия, мг/кг	3320,0	2560,0	2610,0	2895,0	3085,0	3140,0	3448,6	51,0
Содержание кальция, мг/кг	510,5	500,2	374,3	417,2	376,3	407,1	426,4	10,6

Содержание белка в зерне находилось в пределах 9,0–11,7 %. При этом максимальные значения отмечены в 2023 г., когда количество выпавших осадков за период вегетации было наименьшим. Внутрисортные колебания были незначительными и не превышали 1,4 %. Содержание сухого вещества, фосфора и клетчатки также было одинаковым по сортам, но изменялось в зависимости от погодных условий. Процентное содержание жира находилось в пределах от 1,3 до 3,5 %, а золы – от 0,2 до 2,7 %. Наивысшие значения этих показателей были зафиксированы в засушливый 2023 г., а избыток влаги в 2024 г. привел к минимальному уровню.

В условиях высокого увлажнения у сортов Целинница и Луч 25 наблюдался рост содержания калия и кальция. Разница между годами по этим показателям составила 285,0 и 55,0 мг/кг для калия, 42,9 и 30,8 мг/кг для кальция соответственно.

Даже при умеренном уровне белка некоторые разновидности яровой твердой пшеницы могут создавать клейковину с высокими качественными характеристиками. Это обусловлено пропорциями глиадинов и глютеинов в белковом составе, а также их молекулярной массой и возможностью формировать устойчивые связи между молекулами. Разнообразие в аминокислотной композиции тоже имеет значение, так как определенные аминокислоты в большей степени способствуют образованию клейковины с упругими и эластичными свойствами.

Погодные условия также оказали заметное воздействие на количество клейковины и показатель ИДК. Максимальные значения были зафиксированы в засушливом 2023 г., а разница по сравнению с годом с избыточным увлажнением (2024 г.) у сорта Безенчукская золотистая составила 4 и 15 %, у Целинницы – 6 и 28 %, у Луча 25 – 7,2 и 16 % соответственно (рис. 2.)



Рис. 2. Показатели качества зерна (цельнозерновой муки) яровой твердой пшеницы (средние за 2023–2024 гг.)

Fig. 2. Quality indicators (whole-grain flour) of spring durum wheat grain (mean in 2023–2024)

Уровень активности альфа-амилазы демонстрировал непостоянство, зависящее от генотипа и погодных условий. При недостатке влаги этот параметр варьировал от 215 до 257 с, а при повышенной влажности – от 195 до 205 с. Самые высокие значения активности альфа-амилазы наблюдались у сорта

Безенчукская золотистая с годовой разницей в 52 %. Наименьшие значения были зафиксированы у сорта Луч 25, где годовая разница составила 20 %.

Содержание сырой и сухой клейковины – это важнейший показатель определения эластичности и прочности теста (рис. 3).

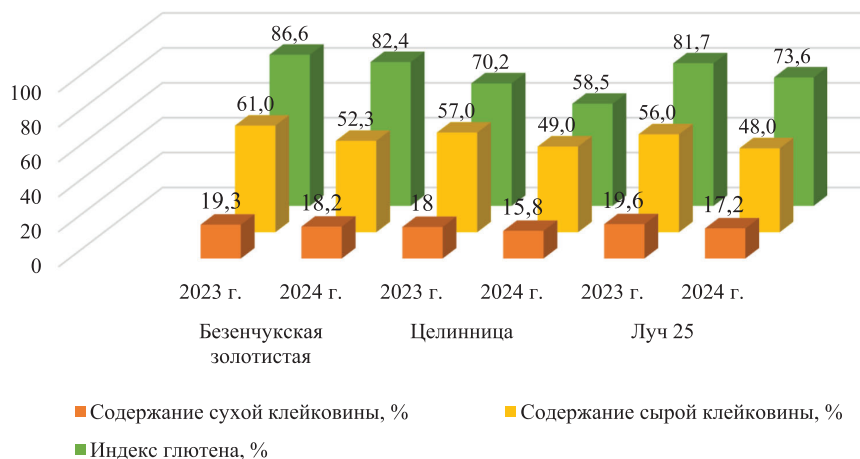


Рис. 3. Показатели содержания сырой и сухой клейковины, индекса глютена в манной крупке яровой твердой пшеницы (средние за 2023–2024 гг.)

Fig. 3. Indicators of crude and dry gluten percentage and gluten index in spring durum wheat semolina (mean in 2023–2024)

Так, в анализируемых образцах содержание сырой и сухой клейковины варьировало в условиях засухи в 2023 г. от 56 до 61 % и в 2024 г. – от 48 до 52,3 %, наибольшее значение приведенных данных были у сорта Безенчукская золотистая. Индекс глютена также зависел от влияния метеорологических условий и варьировал в 2023 г. от 81,7 до 86,6 %, в 2024 г. – от 58,5 до 82,4 %.

Наибольшее его значение было у сорта Безенчукская золотистая, а наименьшее – у сорта Целинница. Для установления наличия связи между показателями продуктивности и качества зерна и метеорологическими условиями, складывающимися в период вегетации, был проведен корреляционный анализ (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициенты корреляции (r) урожайности и показателей качества зерна с погодными условиями (2023–2024 гг.)
Table 3. Correlation coefficients (r) between grain productivity and quality indicators and weather conditions (2023–2024)

Месяц	Показатели						
	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК, усл.ед.	Содержание сырой клейковины, %	Содержание сухой клейковины, %	Индекс глютена, %
Среднемесячная температура, °C							
Май	-0,14 ± 0,03	0,56 ± 0,06	0,31 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,35 ± 0,01	0,20 ± 0,03	0,13 ± 0,03
Июнь	-0,29 ± 0,09	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,23 ± 0,09	0,31 ± 0,02	0,09 ± 0,07	0,33 ± 0,02
Июль	-0,44 ± 0,14	0,40 ± 0,09	0,75 ± 0,3	0,26 ± 0,02	0,62 ± 0,04*	0,45 ± 0,02*	0,08 ± 0,01
Август	0,64 ± 0,17*	0,03 ± 0,01	0,34 ± 0,04	0,65 ± 0,03	0,11 ± 0,01	0,06 ± 0,04	0,38 ± 0,01
Осадки, мм							
Май	0,20 ± 0,04	-0,74 ± 0,04	-0,15 ± 0,04	-0,45 ± 0,06	-0,50 ± 0,04	-0,56 ± 0,03	-0,58 ± 0,01
Июнь	-0,36 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,25 ± 0,03	0,59 ± 0,03	0,36 ± 0,02
Июль	0,79 ± 0,02*	-0,78 ± 0,03*	-0,74 ± 0,03	-0,18 ± 0,04	-0,67 ± 0,01	-0,57 ± 0,02*	-0,35 ± 0,02
Август	-0,22 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	-0,09 ± 0,01	0,19 ± 0,09	0,13 ± 0,01	-0,16 ± 0,01
Гидротермический коэффициент (ГТК)							
Май	0,47 ± 0,07	-0,97 ± 0,01	-0,62 ± 0,03	-0,95 ± 0,06	-0,23 ± 0,02	0,25 ± 0,02	-0,42 ± 0,07
Июнь	-0,52 ± 0,08	0,29 ± 0,07	0,48 ± 0,02	0,20 ± 0,04	0,32 ± 0,04	0,29 ± 0,02	0,22 ± 0,02
Июль	0,59 ± 0,08	-0,91 ± 0,04	-0,47 ± 0,01	-0,87 ± 0,07	-0,07 ± 0,01	-0,40 ± 0,03	-0,26 ± 0,02
Август	-0,14 ± 0,06	-0,65 ± 0,06	-0,23 ± 0,02	-0,80 ± 0,01	0,36 ± 0,08*	0,36 ± 0,09	-0,10 ± 0,04

Примечание. * – значимо при $p \leq 0,05$.

При определении взаимосвязи урожайности с температурным режимом и влагообеспеченностью в разные периоды вегетации установлена высокая корреляционная связь со среднесуточной температурой воздуха в августе: $r = 0,64$ ($p \leq 0,05$), осадками и ГТК – в июле: $r = 0,79$ и $r = 0,59$. На содержание белка положительно влияла среднесуточная температура воздуха в мае и июле: $r = 0,56$ и $r = 0,40$, в то время как осадки ГТК в эти месяцы оказывали негативное воздействие: $r = -0,74$ и $r = -0,97$, $r = -0,78$ и $r = 0,91$ соответственно. Наиболее существенная корреляция содержания клейковины в зерне с увеличением температур проявилась в июле: $r = 0,75$, а отрицательная связь с осадками: $r = -0,74$, и ГТК $r = -0,62$ и $r = -0,47$ – в мае и июле соответственно. На показатель ИДК оказывает существенное влияние температура воздуха в августе: $r = 0,65$ и отрицательное действие – осадки в мае: $r = 0,45$ и ГТК в мае $r = -0,95$, июле $r = -0,87$ и августе $r = 0,80$ соответственно. С содержанием сырой и сухой клейковины установлена тесная достоверная связь с температурой воздуха в июле: $r = 0,62$ и $r = 0,45$, а с количеством осадков достоверной связи не было обнаружено, но значимая отрицательная корреляция с осадками была выявлена в мае: $r = -0,50$ и $r = 0,56$ и июле: $r = -0,67$ – $0,57$ ($p \leq 0,05$) соответственно.

Среднесуточная температура воздуха в июне и августе имела умеренную корреляционную связь с индексом при $r = 0,33$ и $r = 0,38$, осадками в июне: $r = 0,36$, с ГТК отрицательная умеренная связь отмечена в июле: $r = -0,42$ и слабая в мае: $r = -0,26$.

Выводы. Проведенные исследования выявили значительное влияние погодных факторов вегетационного периода на урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы в условиях резко континентального климата. Сорт Безенчукская золотистая отличился повышенной адаптивностью к данным колебаниям, демонстрируя наивысшую продуктивность как при дефиците влаги – 1,5 т/га, так и при ее избытке – 2,3 т/га. Качество зерна яровой твердой пшеницы также претерпевает изменения в зависимости от метеорологических факторов. Содержание белка варьировалось от 9,01 до 11,69 %, количество клейковины – от 19,3 до 34 %, ИДК – от 41 до 65 условных единиц, а индекс глютена – от 58,5 до 86,6 %. Наилучшие показатели продемонстрировал сорт Безенчукская золотистая.

Корреляционный анализ указал на заметное влияние количества осадков в июле $r = 0,79$ и гидротермического коэффициента $r = 0,59$ на урожайность. На качество зерна и манной крупы благоприятно влияют среднесуточ-

ные температуры воздуха. Содержание белка и клейковины в зерне тесно связано с температурой воздуха в июле: $r = 0,40$ и $r = 0,75$ соответственно, в то время как дожди в этот месяц оказывают отрицательное действие. Содержание сырой и сухой клейковины в манной крупе во многом определяется средней температурой июля: $r = 0,62$ и $r = 0,45$ соответственно,

$p \leq 0,05$, осадками и ГТК в июне: $r = 0,24$ и $r = 0,32$, $r = 0,59$ и $r = 0,29$ соответственно. Индекс глютена также имеет заметную связь с температурой воздуха в июле $r = 0,33$ и уровнем осадков $r = 0,36$.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках государственного задания № FNWZ-2022-0015 ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

Библиографический список

1. Васин В.Г., Бурунов А.Н., Стрижаков А.О. Формирование агрофитоценоза и продуктивность яровой твердой пшеницы при применении минеральных удобрений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 25–32. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-25-32
2. Гончаров С.В., Курашов М.Ю. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2(57). С. 66–75. DOI:10.17238/2071-2243.2018.2.66
3. Демина И.Ф. Влияние погодных условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 4. С. 433–440. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440
4. Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Пахотина И.В. Основные тенденции урожайности и качества зерна яровой твердой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2021. № 4. С. 33–41. DOI:10.36718/1819-4036-2021-4-33-41
5. Ложкин А.Г., Димитриев В.Л., Мальчиков А.П. Влияние норм высева семян на продуктивность яровой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 83–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-83-88
6. Мухитов Л.А., Тимошенко Т.А. Сорты яровой твердой пшеницы, адаптированные к условиям степи Уральского региона // Известия Оренбургского государственного университета. 2021. № 3(89). С. 15–19. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-15-19
7. Подласова Е.Ю., Новикова А.А. Оценка сортов яровой твердой пшеницы оренбургской селекции по показателям качества и количества клейковины // Известия НВ АУК. 2024. № 4(76). С. 186–193. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-20
8. Розова М.А., Мухин Н.В. Влияние погодных условий на содержание в зерне яровой твердой пшеницы белка, клейковины и ее качество в условиях Приобской лесостепи Алтайского края // Достижение науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 8. С. 58–61.

Referensis

1. Vasin V.G., Burunov A.N., Strizhakov A.O. Formirovanie agrofitotsenoza i produktivnost' yarovoi tverdoi pshenitsy pri primenenii mineral'nykh udobrenii [Formation of agrophytocenosis and productivity of spring durum wheat with the use of mineral fertilizers] // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 1(53). S. 25–32. DOI:10.18286/1816-4501-2021-1-25-32
2. Goncharov S.V., Kurashov M.Yu. Perspektivy razvitiya rossiiskogo rynka tverdoi pshenitsy [Prospects for the development of the Russian durum wheat market] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 2(57). S. 66–75. DOI:10.17238/2071-2243.2018.2.66
3. Demina I.F. Vliyanie pogodnykh uslovii na urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v lesostepi Srednego Povolzh'ya [The effect of weather conditions on productivity and grain quality of spring wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022; 4: S. 433–440. DOI:10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440
4. Evdokimov M.G., Yusov V.S., Pakhotina I.V. Osnovnye tendentsii urozhainosti i kachestva zerna yarovoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Key trends in productivity and grain quality of spring durum wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia] // Vestnik KrasGAU. 2021. № 4. S. 33–41. DOI:10.36718/1819-4036-2021-4-33-41
5. Lozhkin A.G., Dimitriev V.L., Mal'chikov A.P. Vliyanie norm vyseva semyan na produktivnost' yarovoi tverdoi pshenitsy [The effect of seeding rates on spring durum wheat productivity] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2024. T. 16, № 1. S. 83–88. DOI:10.31367/2079-8725-2024-90-1-83-88
6. Mukhitov L.A., Timoshenkova T.A. Sorta yarovoi tverdoi pshenitsy, adaptirovannye k usloviyam stepi Ural'skogo regiona [Spring durum wheat varieties adapted to the steppe conditions of the Ural region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2021. № 3(89). S. 15–19. DOI:10.37670/2073-0853-2021-89-3-15-19
7. Podlasova E.Yu., Novikova A.A. Otsenka sortov yarovoi tverdoi pshenitsy orenburgskoi selektsii po pokazatelyam kachestva i kolichestva kleikoviny [Estimation of spring durum wheat varieties developed in Orenburg for gluten quality and quantity] // Izvestiya NV AUK. 2024. № 4(76). S. 186–193. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-20
8. Rozova M.A., Mukhin N.V. Vliyanie pogodnykh uslovii na sodержание v zerne yarovoi tverdoi pshenitsy belka, kleikoviny i ee kachestvo v usloviyakh Priobskoi lesostepi altaiskogo kraya [The effect of weather conditions on protein, gluten and quality of spring durum wheat grain in the Ob forest-steppe of the Altai Territory] // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. 2015. T. 29, № 8. S. 58–61.

Поступила: 30.05.25; доработана после рецензирования: 22.07.25; принята к публикации: 23.07.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Подласова Е.Ю. – концептуализация и проектирование исследования, подготовка рукописи; Новикова А.А. – выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.