

УРОЖАЙНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.А. Ковтунова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

Д.М. Марченко^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

А.С. Иванисова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, kameneva.anka2016@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1466-250X;

О.А. Дубинина¹, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, dubinina.1881@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2768-4935.

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3;

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет,

344003, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, зд. 1.

Цель данной работы – на примере сортов озимой твердой пшеницы выявить зависимость процентного содержания белка в зерне и урожайности зерна от факторов внешней среды, а так же взаимосвязь данных показателей между собой. Исследования проводили в 2021–2025 гг. Объектом исследований послужили 12 сортов селекции «АНЦ «Донской». В качестве стандарта использовали сорт Кристелла. Метеорологические условия в годы исследований были разнообразными: ГТК^{апрель-июль} имел значения от 0,28 до 1,23. По урожайности зерна выделились сорта Динас, Эллада, Агат донской, Графит и Придонье, превысившие стандарт на 0,92–1,55 т/га или на 11,1–18,8%. Варьирование сортов по годам составило от 15,25 до 29,32%, что говорит о значительной изменчивости данного показателя. Согласно дисперсионного анализа, фактор «год» на урожайность зерна изучаемых сортов озимой твердой пшеницы оказывает большее влияние, чем на содержание белка и составляет 87,9%. По содержанию белка варьирование было незначительным (4,44–8,39%), что говорит о стабильности показателя у данных сортов. Максимальные значения отмечены у сортов Хризолит (14,80%), Амазонка (14,87%), Диона (14,91%). Наибольшее содержание белка в среднем по сортам отмечено в 2021 (15,01%), 2023 (14,89%) и 2025 (14,67%) годах, характеризующихся средним и недостаточным увлажнением. Корреляционно-регрессионный анализ подтверждает сильную положительную связь ГТК ($0,98 \pm 0,11$) с содержанием белка. Дисперсионный анализ подтвердил, что фактор «год» оказывает наибольшее влияние (62,3%) на изменчивость признака. Несмотря на наличие отрицательной корреляции между урожайностью и содержанием белка в зерне ($r = -0,68 \pm 0,42$), в 2022 г. отмечены высокие значения среднесортového значения по обоим признакам. Сочетание высокой урожайности и содержания белка отмечено у сортов Агат донской (9,29 т/га и 14,62%), Придонье (9,81 т/га и 14,20%).

Ключевые слова: озимая твердая пшеница, белок, урожайность, корреляция, дисперсионный анализ.

Для цитирования: Ковтунова Н. А., Марченко Д.М., Иванисова А.С., Дубинина О.А. Урожайность и содержание белка в зерне сортов озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, №3. С.56-62. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-104-3-56-62.



PRODUCTIVITY AND PROTEIN PERCENTAGE IN GRAIN OF WINTER DURUM WHEAT VARIETIES

N.A. Kovtunova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

D.M. Marchenko^{1,2}, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

A.S. Ivanisova¹, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, kameneva.anka2016@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1466-250X;

O.A. Dubinina¹, agronomist of the laboratory for winter wheat breeding and seed production, dubinina.1881@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2768-4935.

¹FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

347740, Russia, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3;

²FSBEI HE “Donskoy State Technical University”,

344000, Rostov region, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1.

The purpose of the current study was to identify the dependance of protein percentage in grain and grain productivity upon environmental factors, as well as the correlation between these indicators, using winter durum wheat varieties as an example. The study was conducted from 2021 to 2025. The objects of the study were twelve varieties developed by the "ARC "Donskoy". The variety Kristella was used as the standard one. The weather conditions varied during the period of study, with HTC_{April-July} of 0.28 to 1.23. The varieties Dinas, Ellada, Agat Donskoy, Graft, and Pridonie have shown the best grain productivity, exceeding the standard by 0.92–1.55 t/ha, or 11.1–18.8%. Variation among varieties ranged from 15.25 to 29.32%, indicating significant variability in this indicator. According to the analysis of variance, the factor 'year' had a greater impact on grain productivity of the studied winter durum wheat varieties than on protein percentage, amounting to 87.9%. Protein percentage in grain varied insignificantly (4.44–8.39%), indicating stability among these varieties. The highest values were established in the varieties Khrizolit (14.80%), Amazonka (14.87%), and Diona (14.91%). The highest average protein percentage in grain among the varieties was recorded in 2021 (15.01%), 2023 (14.89%), and 2025 (14.67%), characterized by moderate and insufficient moisture. Correlation and regression analysis has confirmed a strong positive correlation between HTC (0.98±0.11) and protein percentage in grain. An analysis of variance has confirmed that the factor 'year' has the greatest effect (62.3%) on trait variability. Despite a negative correlation between productivity and protein percentage in grain ($r = -0.68 \pm 0.42$), there were established the high varietal average values for both traits in 2022. A combination of high productivity and protein percentage in grain was identified in the varieties Agat Donskoy (9.29 t/ha and 14.62%) and Pridonie (9.81 t/ha and 14.20%).

Keywords: winter durum wheat, protein, productivity, correlation, analysis of variance.

Введение. Твердая пшеница – десятая по значимости культура в мире со среднегодовым объемом производства 40 млн т. Как правило, производство твердой озимой пшеницы составляет 5% от общего объема производства пшеницы, а ее площадь составляет в мире около 16 млн га. (Beres et al., 2020) Твердая пшеница выращивается, в основном, для производства макаронных изделий, поэтому зерно должно обладать высоким содержанием белка, прочностью клейковины и высоким содержанием желтого пигмента. Согласно Регламента ЕС №2237/2003 от 23.12.2003 г., именно процентное содержание белка в зерне твердой пшеницы вносит наибольший вклад в индекс качества (40%), за ним следует клейковина (30%) (Giunta et al., 2020). Считается, что хорошее качество макарон при варке связано с высоким содержанием белка и клейковины или со средним содержанием белка, но высоким содержанием клейковины. Содержание белка выше 13% желательно для приготовления макаронных изделий хорошего качества, в результате чего повышается устойчивость к перевариванию. Включение этого требования при создании сортов стало важной задачей. Помимо макаронных изделий, твердая пшеница используется для производства таких продуктов как кускус и булгур. Оба продукта так же требуют высокого содержания белка, чтобы избежать липкости и для высокой водопоглощающей способности.

Однако селекция любой культуры, в том числе и пшеницы, направлена, в основном, на увеличение урожайности (Ковтунова и др., 2025). Это, в свою очередь, привело к тому, что новые сорта, значительно превосходят старые по урожайности и независимо от нормы азотного питания, старые характеризуются более высоким содержанием белка. Поэтому отрицательную корреляцию между этими признаками можно считать, в том числе, как следствие улучшения урожайности. Тем не менее, имеются генотипы, не соответствующие данной тенденции, которые демонстрируют увеличение как урожайности, так и содержание белка в зерне. При использовании в селекции донора высокого содержания белков, можно одновременно улучшить эти два показателя.

Как урожайность, так и содержание белка значительно зависят от изменения внешних условий (Иванисова и др., 2024; Рыбась и др., 2024). В засушливых и полувасушливых районах высокие температуры на

протяжении большей части периода налива являются очень распространенным явлением. Засуха – наиболее распространенный стрессовый фактор окружающей среды, который может оказать значительное влияние на рост и развитие озимой пшеницы. Внезапная засуха и постоянный дефицит воды в период колошения и цветения приводит к уменьшению количества зерен из-за высокого испарения влаги, и, следовательно, к снижению урожая. Например, сильная засуха у пшеницы на стадии налива зерна может снизить урожайность до 44 %. Высокие температуры во время налива зерна значительно увеличивают содержание белка в зерне. Однако чрезвычайно высокие температуры (более 32°C) препятствуют синтезу белка. До цветения окружающая среда влияет на прорастание, фотосинтез, формирование побегов, тем самым влияя на количество зерен. А содержание белка зависит только от генетических факторов. После цветения условия окружающей среды влияют на размер и состав зерна (Vensel, 2006). Температура воздуха, выходящая за пределы типичного диапазона, может иметь серьезные последствия для сельскохозяйственных культур, значительно снижая урожайность. Как увеличение, так и снижение ее снижает скорость образования сухой массы, а иногда может привести к прекращению развития. Низкие температуры в начале кущения могут повредить листья растений, подавить синтез органического вещества, что влияет на развитие зерна. Низкие температуры после цветения могут снизить скорость налива зерна, замедлить транспорт белков, ухудшить качество (Han et al., 2025). Повышение температуры на 1 градус от нормы на стадии налива зерна снижает урожайность пшеницы на 6% в мире, и на 3-17% – в Азии, так как это вызывает нарушения различных клеточных, физиологических функций (сокращению периода вегетации, прекращение роста зерновки, а, следовательно, массы 1000 зерен) (Vensel, 2006). При этом, накопление белка происходит быстрее. Например, в исследованиях Wieser и др. (2023) процентное содержание белка увеличилось в 1,2 раза при дневной температуре 37°C/ночной 17°C и в 1,9 раза при 37/28°C по сравнению с 24/17°C соответственно.

Влияние дефицита влаги на белковый состав зерна зависит от уровня и времени возникновения данного стресс-фактора. При водном стрессе, возникающем в течение всего периода вегетации, наблюдается

увеличение содержания белка за счет снижения урожайности. Водный стресс зимой в сочетании с обильными осадками весной обеспечивает высокое содержание белка без влияния на урожайность. При водном стрессе в период налива улучшается прочность клейковины (Нап et al., 2025).

Информация о влиянии внешних условий (содержания влаги, температуры) на качество и урожайность зерна имеет первостепенное значение в свете глобального потепления и последующих изменений климата. Для обеспечения продовольственной безопасности селекционеры должны разрабатывать новые экологически пластичные сорта, способные эффективно использовать почвенно-климатические условия в различных условиях.

Цель данной работы – на примере сортов озимой твердой пшеницы выявить зависимость процентного содержания белка в зерне и урожайности зерна от факторов внешней среды, а так же взаимосвязь данных показателей между собой.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2021–2025 гг. на опытных участках ФГБНУ «АНЦ «Донской». Согласно Зональных систем земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы (2022), почва данной зоны – обыкновенный карбонатный чернозем – характеризуется следующими показателями: содержание гумуса 3,2%, фосфора – 10–40 мг/кг,

азота – 70–110 мг/кг, калия – 300–500 мг/кг почвы.

Объектом исследований послужили 12 сортов селекции «АНЦ «Донской», внесенные в Государственный реестр селекционных достижений. В качестве стандарта использовали сорт Кристелла.

Посев проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed S рядовым способом с нормой высева 450 всхожих зерен на 1 м². Площадь делянок – 10 м², повторность – шестикратная.

Содержание белка у сортов озимой твердой пшеницы определяли по ГОСТ 10846-91. Для определения параметров стабильности использовали метод S.A.Eberhart & W.A.Russel (1966).

Метеорологические условия в годы исследований были разнообразными. Согласно ГТК за период октябрь-июль (посев-полная спелость) во все годы исследований указывает на достаточное увлажнение, в целом, за данный период. Однако, ГТК за данный период малоинформативен из-за неравномерного распределения осадков и достаточно большого периода. Согласно методики Е.С. Улановой (1973), условия именно весенне-летнего периода вегетации формируют продуктивность озимой пшеницы. Значения ГТК за период «апрель-июль» указывают на среднюю и недостаточную увлажненность в 2021, 2022, 2024 и 2025 гг. (0,69–1,23), а в 2023 г. – очень сильную засуху (0,28) (табл. 1) (Справочник эколого-географических характеристик, 2005).

Таблица 1. Значения гидротермического коэффициента, 2021–2025 гг.

Table 1. Hydrothermal coefficient values, 2021–2025

Показатель	Норма	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Апрель	1,29	3,09	1,69	2,55	0,26	1,03
Май	1,00	1,16	0,68	0,23	0,45	0,99
июнь	1,12	1,61	0,14	0,60	0,18	1,69
июль	0,81	0,30	0,70	0,70	0,29	0,16
октябрь-июль	2,25	1,83	2,07	1,60	1,58	1,31
Апрель-июль	1,02	1,23	0,69	0,86	0,28	0,89

Результаты и их обсуждение. Урожайность зерна у изученных сортов в среднем за 2021–2025 гг. имела значения от 8,26 до 9,81 т/га. Выделились сорта Динас, Эллада, Агат донской, Графит и Придонье, превысившие стандарт на 0,92–1,55 т/га или на 11,1–18,8% (табл. 2).

Наибольшие значения урожайности зерна отмечены в 2022 и 2024 гг. (11,67 и 9,78 т/га), в годы с наименьшим содержанием белка в зерне. Варьирование сортов по годам составило от 15,25 до 29,32%, что говорит о значительной изменчивости данного показателя.

Таблица 2. Урожайность зерна сортов озимой твердой пшеницы, 2021–2025 гг.

Table 2. Grain productivity of winter durum wheat varieties, 2021–2025

Сорт	Урожайность зерна, т/га						V, %	bi
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее		
Кристелла, стандарт	6,81	11,35	5,17	8,58	9,39	8,26	24,80	1,14
Амазонка	7,40	10,88	5,41	10,12	9,59	8,68	22,08	1,05
Агат донской	7,30	12,03	7,62	9,71	9,80	9,29	20,44	0,91
Диона	7,57	11,00	6,38	10,13	9,53	8,92	24,22	0,91
Услава	6,65	11,78	6,70	9,61	9,14	8,78	19,31	1,04
Лакомка	7,29	11,21	7,05	9,30	9,07	8,78	25,06	0,82
Динас	7,49	11,91	6,34	9,72	10,05	9,10	27,01	1,07
Эллада	7,71	12,72	6,39	8,71	10,39	9,18	29,32	1,14
Хризолит	6,16	12,05	6,11	10,64	9,78	8,95	21,76	1,29
Придонье	8,06	12,22	7,66	11,09	10,03	9,81	15,25	0,93
Каротинка	7,47	10,81	7,17	9,23	9,36	8,81	22,57	0,73
Графит	8,31	12,14	7,09	10,52	10,34	9,68	24,54	0,97
среднее	7,35	11,67	6,59	9,78	9,70	9,02	-	-
Min	6,16	10,81	5,17	8,57	9,07	8,26	-	-
Max	8,31	12,72	7,66	11,09	10,39	9,81	-	-

Продолжение табл. 2

НСР ₀₅	0,67	0,70	0,51	0,82	0,40	0,62	-	-
V, %	8,04	5,22	11,92	7,81	4,50	4,77	-	-

Так как климатические условия считаются нерегулируемыми факторами среды, поэтому основной задачей селекционеров является повышение экологической устойчивости, их способности стабильно обеспечивать высокие показатели продуктивности и качества зерна в меняющихся условиях (Шрам и др., 2023). Коэффициент линейной регрессии (b_i) изученных сортов имел значения в пределах 0,73–1,29, что указывает на наличие в выборке как выносливых «стабильных» сортов, так и сортов, ориентированных на максимальный результат в благоприятных условиях. Сорта Амазонка, Услава, Динас, Придонье, Графит с b_i близким к 1,0 считаются экологически пластичными.

Они стабильно реагируют на улучшение или ухудшение условий выращивания. Сорта Лакомка и Каротинка с $b_i < 1,0$ обладают высокой экологической устойчивостью. Они менее требовательны и стабильнее ведут себя на низком агрофоне, слабо реагируя на его улучшение. Сорта интенсивного типа – Кристелла, Эллада, Хризолит ($b_i > 1,0$) – отзывчивы на высокий агрофон, но сильнее снижают урожайность в неблагоприятных условиях.

Согласно дисперсионного анализа, фактор «год» на урожайность зерна изучаемых сортов озимой твердой пшеницы оказывает большее влияние, чем на содержание белка и составляет 87,9% (табл. 3).

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа по изучению влияния внешних условий и сортового состава на урожайность зерна сортов твердой озимой пшеницы

Table 3. Results of the analysis of variance on the effect of the weather conditions and varietal composition on grain productivity of winter durum wheat varieties

Дисперсия	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат	F _{факт.}	F _{теор.}	Доля, %
Общая	687,2	179	-	-	-	-
Повторений	1,3	2	0,66	-	-	-
Фактор А (год)	604,0	4	150,99	1455,40	2,44	87,9
Фактор В (сорт)	30,6	11	2,78	26,80	1,83	4,4
Взаимодействие АВ	52,7	44	1,20	11,53	1,21	7,7
Остаток	12,2	118	0,10	-	-	-

Изученный набор сортов озимой твердой пшеницы по содержанию белка в зерне слабо различался между собой, коэффициент варьирования во все годы не превышал 5,09%. По годам варьирование так же было незначительным (4,44–8,39%), что говорит о стабильности показателя у данных сортов. В среднем

за 2021–2025 гг. большая часть сортов имели значения на уровне стандартного сорта Кристелла ($14,75 \pm 0,32$) и относятся к первому классу пшеницы. Максимальные значения отмечены у сортов Хризолит (14,80%), Амазонка (14,87%), Диона (14,91%) (табл. 4).

Таблица 4. Содержание белка в зерне у сортов озимой твердой пшеницы, 2021–2025 гг.

Table 4. Protein percentage in grain of winter durum wheat varieties, 2021–2025

Сорт	Содержание белка, %						V, %	b _i
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее по сортам		
Кристелла, стандарт	15,95	13,89	15,2	13,49	15,21	14,75	6,93	0,62
Амазонка	16,03	14,74	15,62	13,29	14,69	14,87	7,09	0,63
Агат донской	15,33	14,5	15,2	13,5	14,58	14,62	4,97	0,25
Диона	15,56	15,2	15,01	13,71	15,06	14,91	4,72	0,12
Услава	15,06	14,8	14,51	13,39	14,64	14,48	4,44	0,05
Лакомка	15,06	14,1	14,02	13,4	14,71	14,26	4,53	0,09
Динас	15,01	13,64	14,93	13,15	14,48	14,24	5,74	0,40
Эллада	15,51	13,59	15,08	13,72	14,45	14,47	5,77	0,34
Хризолит	15,47	13,84	16,54	13,48	14,66	14,80	8,39	0,65
Придонье	15,1	13,9	14,54	13,12	14,33	14,20	5,22	0,32
Каротинка	15,83	13,96	14,27	13,61	14,71	14,48	5,93	0,34
Графит	15,07	12,88	13,7	13,07	14,49	13,84	6,73	0,38
Среднее по годам	15,42	14,09	14,89	13,41	14,67	-	-	-
Min	15,01	12,88	13,7	13,07	14,33	13,84	-	-
Max	16,03	15,2	16,54	13,72	15,21	14,91	-	-
s	0,37	0,63	0,76	0,22	0,25	0,32	-	-
V, %	2,40	4,49	5,09	1,63	1,71	-	-	-

Наибольшее содержание белка в среднем по сортам отмечено в 2021 (15,42%), 2023 (14,89%) и 2025 (14,67%) годах, характеризующихся средним и недостаточным увлажнением. Согласно исследованиям ученых, на формирование качества и продуктивности пшеницы, в больше мере, оказывают влияние условия июня (период налива зерна) (Vensel, 2006). В наших исследованиях ГТК в июне имел наибольшие значения

в вышеуказанные года, что говорит о благоприятном соотношении влаго- и теплообеспеченности для озимой пшеницы. Корреляционно-регрессионный анализ подтверждает сильную положительную связь ГТК_{апрель-июль} с содержанием белка (рис. 1). Коэффициент корреляции составил $0,98 \pm 0,11$, при повышении ГТК на 0,1 содержание протеина увеличивается на 0,22%.

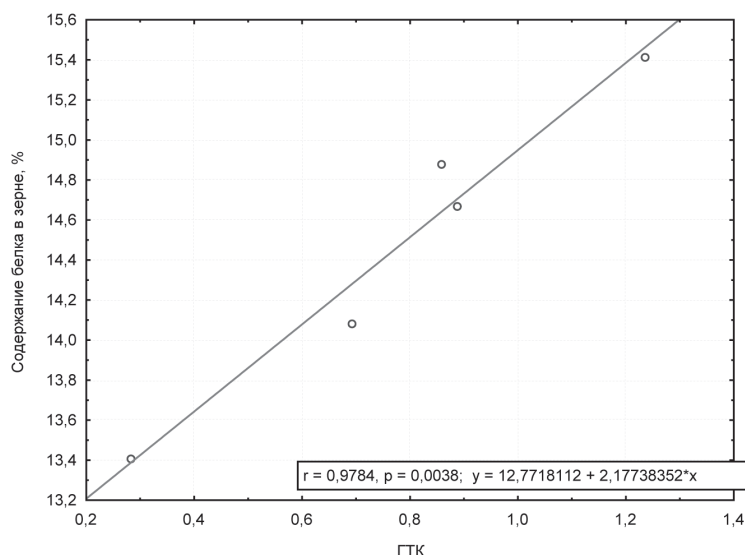


Рис. 1. Зависимость содержания протеина в зерне сортов озимой твердой пшеницы и ГТК_{апрель-июль} 2021–2025 гг.
Fig. 1. Correlation between protein percentage in grain of winter durum wheat varieties and ГТК_{апрель-июль} 2021–2025

Коэффициент линейной регрессии (b_i) (0,05–0,65) указывает на низкую чувствительность изученных сортов по данному показателю к изменению условий выращивания. Такие сорта считаются экологически устойчивыми, содержание белка у них слабо реагирует на улучшение условий, но стабильно при неблагоприятных факторах. В целом, такие значения характерны для адаптированных к конкретным зонам сортов.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ по содержанию белка подтверждает наличие значимых различий по факторам «генотип», «год» и их

взаимодействие на изменчивость данного показателя (табл. 5). Фактор «год» оказывает наибольшее влияние (62,3%) на изменчивость признака. Доля влияния «генотип x среда» по содержанию белка составила 25,5%, что говорит о высоком значении условий выращивания для реализации генетического потенциала сорта. Доля фактора «генотип» 12,2% говорит о неэффективности проведения отбора по данному показателю, так как высокие значения признака обусловлены, скорее всего, не генетическими особенностями, а условиями выращивания.

Таблица 5. Результаты дисперсионного анализа по изучению влияния внешних условий и сортового состава на содержание белка в зерне сортов твердой озимой пшеницы

Table 5. Results of the analysis of variance on the effect of the weather conditions and varietal composition on protein percentage in grain of winter durum wheat varieties

Дисперсия	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат	F _{факт.}	F _{теор.}	Доля, %
Общая	137,5	179	-	-	-	-
Повторений	1,5	2	0,73	-	-	-
Фактор А (год)	85,7	4	21,43	268,17	2,44	62,3
Фактор В (сорт)	16,8	11	1,53	19,15	1,83	12,2
Взаимодействие АВ	35,0	44	0,80	9,95	1,21	25,5
Остаток	9,4	118	0,08	-	-	-

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что урожайность зерна изучаемых сортов находится в средней отрицательной связи с ГТК за период «апрель-июль» ($-0,52 \pm 0,46$) (рис. 2). Повышение средней

температуры воздуха в мае, в период колошения-цветения, оказало отрицательное ($r = -0,70 \pm 0,41$), а в июне, в период формирования зерна, положительное влияние на урожайность зерна ($r = 0,58 \pm 0,46$).

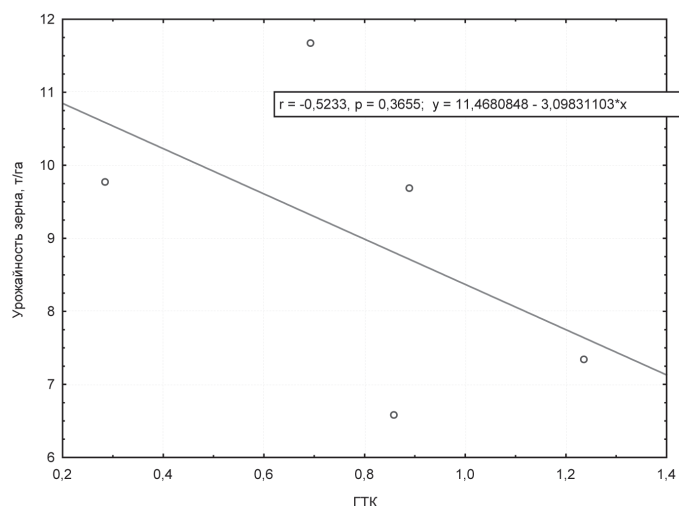


Рис. 2. Зависимость урожайности зерна сортов озимой твердой пшеницы и ГПК_{апрель-июль} 2021–2025 гг.

Fig. 2. Correlation between grain productivity of winter durum wheat varieties and HTC_{April-July} 2021–2025

Наличие обратной корреляционной связи урожайности зерна с содержанием белка у

сортов озимой твердой пшеницы подтверждает (рис. 3).

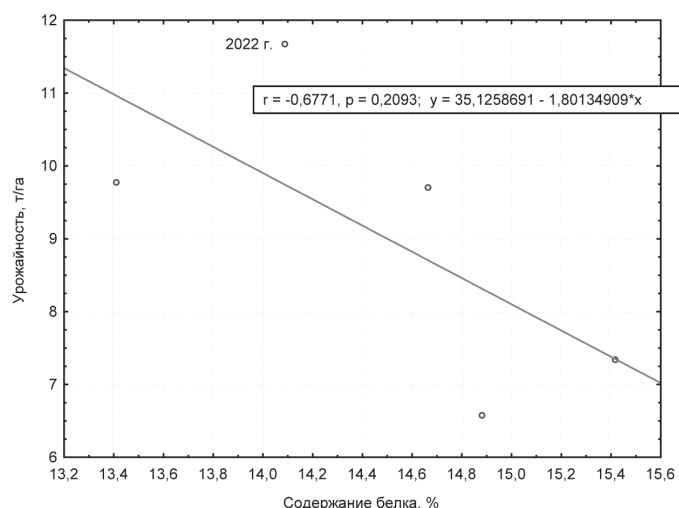


Рис. 3. Взаимосвязь содержания протеина в зерне с урожайностью зерна сортов озимой твердой пшеницы, 2021–2025 гг.

Fig. 3. Correlation between protein percentage in grain and grain productivity of winter durum wheat varieties, 2021–2025

Коэффициент детерминации 0,449 указывает на то, что у данных сортов около 45% межсортной изменчивости содержания белка в зерне обусловлено изменениями урожайности. При увеличении белка в зерна на 1% урожайность зерна снижается на 1,8 т/га, что согласуется с исследованиями различных ученых (Пономарев и др., 2021; Крупнова, 2009). Согласно О.В. Крупновой (2009), эта связь обусловлена различными факторами, в том числе недостатком доступного азота в почве, неполном его поглощении в процессе вегетации растений по ряду причин (стресс-факторы, ограниченный генетический потенциал), неполной реутилизацией азота из вегетативных частей в зерно, прекращение поглощения азота из почвы из-за старения растений т.д.

Однако, среднесортные значения показателей в 2022 г., когда урожайность имела значения 11,67 т/га, а содержание белка в зерне 14,09%, что говорит о возможности сочетания высоких значений этих двух показателей в одном сорте. Так, в среднем за 2021–2025 гг. сочетание высокой урожайности и содержания белка отмечено у сортов Агат донской (9,29 т/га и 14,62%) и Придонье (9,81 т/га и 14,20%).

Выводы. По урожайности зерна выделились сорта Динас, Эллада, Агат донской, Графит и Придонье, превысившие стандарт на 0,92–1,55 т/га или на 11,1–18,8%. По содержанию белка в зерне максимальные значения отмечены у сортов Хризолит (14,80%), Амазонка (14,87%), Диона (14,91%). Наибольшее содержание белка по сортам в зерне отмечено в

2021 (15,01%), 2023 (14,89%) и 2025 (14,67%) годах, характеризующихся средним и недостаточным увлажнением. Наибольшая продуктивность отмечена в 2022 и 2024 гг. (11,67 и 9,78 т/га).

Коэффициент варьирования по признаку «содержание белка в зерне» (4,44–8,39%) указывает на стабильность показателя у данного набора сортов озимой твердой пшеницы. Варьирование сортов по годам составило от 15,25 до 29,32%, что говорит о значительной изменчивости данного показателя.

Корреляционно-регрессионный анализ указывает на сильную положительную связь ГПК_{апрель-июль} с содержанием белка ($r=0,98\pm0,11$) и средней отрицательной связи с урожайностью ($-0,52\pm0,46$). Фактор «год» оказывает наибольшее влияние (62,3%) на изменчивость признака «содержание белка в зерне», а на урожайность зерна – 87,9%.

При увеличении белка в зерна на 1% урожайность зерна изучаемых сортов озимой твердой пшеницы снижается на 1,8 т/га. Сочетание высоких значений урожайности (11,67 т/га) и содержания белка в зерне (14,09%) в 2022 г. говорит о возможности улучшения двух показателей в одном сорте. Сочетание высокой урожайности и содержания белка отмечено у сортов Агат донской (9,29 т/га и 14,62%) и Придонье (9,81 т/га и 14,20%).

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № FNFN-2026-006).

Библиографический список

1. Иванисова А.С., Марченко Д.М., Дубинина О.А., Майдабуро Л.И., Кравченко Н.С. Физико-химические свойства зерна перспективных сортов и линий озимой твердой пшеницы в условиях юга Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 5. С. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-46-51
2. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Оценка новых перспективных сортов и гибридов сорговых культур // Кормопроизводство. 2025. № 7. С. 5–10. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-7-5-10
3. Крупнова О.В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне у зерновых и бобовых культур // Сельскохозяйственная биология. 2009. №3. С.13–23.
4. Пономарев С.Н., Пономарева М.Л., Маннапова Г.С., Илалова Л.В. Урожайности и содержание белка в зерне коллекционных образцов озимой тритикале // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. №22(4). С. 495–506. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.495-506
5. Рыбась И.А., Иванисов М.М., Марченко Д.М., Киринов А.В. Влияние условий среды на формирование урожайности сортов озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2024. № 2(38). С. 129–139. DOI: 10.5281/zenodo.12200256
6. Шрам Н.В., Келер В.В., Хижняк С.В., Овсянкина С.В. Влияние погодных условий на накопление белка в зерне мягкой яровой пшеницы // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2023. № 4 (73). С. 29–37. DOI: 10.34655/bgsha.2023.73.4.004
7. Beres B.L., Rahmani E., Clarke J.M., Grassini P., Pozniak C.J., Geddes C.M., Parker K.D., May W.E., Ransom J.K. A Systematic Review of Durum Wheat: Enhancing Production Systems by Exploring Genotype, Environment, and Management (G × E × M) Synergies // Front. Plant Sci. 2020. №11: 568657. DOI: 10.3389/fpls.2020.568657
8. Giunta F., Bassu S., Mefleh M., Motzo R. Is the Technological Quality of Old Durum Wheat Cultivars Superior to That of Modern Ones When Exposed to Moderately High Temperatures during Grain Filling? // Foods. 2020. №9 (6): 778. DOI: 10.3390/foods9060778
9. Han P., Wang Y., Sun H. Impact of Temperature Stresses on Wheat Quality: A Focus on Starch and Protein Composition // Foods. 2025. №14, 2178. DOI: 10.3390/foods14132178
10. Vensel W. Protein Accumulation and Composition in Wheat Grains: Effects of Mineral Nutrients and High Temperature // European Journal of Agronomy, 2006. DOI: 10.1016/J.EJA.2006.04.003
11. Wieser H., Koehler P., Scherf K.A. Chemistry of wheat gluten proteins: Quantitative composition // Cereal Chemistry. 2023. №100: 36–55. DOI: 10.1002/cche.10553

References

1. Ivanisova A.S., Marchenko D.M., Dubinina O.A., Majdaburo L.I., Kravchenko N.S. Fiziko-himicheskie svoystva zerna perspektivnykh sortov i liniy ozimoy tverdoj pshenicy v usloviyakh yuga Rostovskoy oblasti [Physicochemical properties of grain of promising winter durum wheat varieties and lines in the south of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2024. T. 16, № 5. S. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-46-51
2. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V. Ocenka novykh perspektivnykh sortov i gibridov sorgovykh kul'tur [Estimation of new promising sorghum varieties and hybrids] // Kormoproizvodstvo. 2025. № 7. S. 5–10. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-7-5-10
3. Krupnova O.V. O vzaimosvyazi urozhajnosti s soderzhaniem belka v zerne u zernovykh i bobovykh kul'tur [On the correlation between productivity and protein percentage in grain of cereals and legumes] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2009. №3. S.13–23.
4. Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Mannapova G.S., Ilalova L.V. Urozhajnosti i sodrezhanie belka v zerne kollekcionnykh obrazcov ozimoy tritikale [Productivity and protein percentage in grain of the collection winter tritikale samples] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. №22(4). S. 495–506. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.495-506
5. Rybas I.A., Ivanisov M.M., Marchenko D.M., Kirin A.V. Vliyanie uslovij sredy na formirovaniye urozhajnosti sortov ozimoy pshenicy [The effect of environmental conditions on the formation of productivity of winter wheat varieties] // Tavricheskij vestnik agrarnoy nauki. 2024. № 2(38). S. 129–139. DOI: 10.5281/zenodo.12200256
6. Shram N.V., Keler V.V., Hishnyak S.V., Ovsyankina S.V. Vliyanie pogodnykh uslovij na nakopleniye belka v zerne myagkoj yarovoj pshenicy [The effect of weather conditions on protein accumulation in spring common wheat grain] // Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii imeni V.R. Filippova. 2023. № 4 (73). S. 29–37. DOI: 10.34655/bgsha.2023.73.4.004
7. Beres B.L., Rahmani E., Clarke J.M., Grassini P., Pozniak C.J., Geddes C.M., Parker K.D., May W.E., Ransom J.K. A Systematic Review of Durum Wheat: Enhancing Production Systems by Exploring Genotype, Environment, and Management (G × E × M) Synergies // Front. Plant Sci. 2020. №11: 568657. DOI: 10.3389/fpls.2020.568657
8. Giunta F., Bassu S., Mefleh M., Motzo R. Is the Technological Quality of Old Durum Wheat Cultivars Superior to That of Modern Ones When Exposed to Moderately High Temperatures during Grain Filling? // Foods. 2020. №9 (6): 778. DOI: 10.3390/foods9060778
9. Han P., Wang Y., Sun H. Impact of Temperature Stresses on Wheat Quality: A Focus on Starch and Protein Composition // Foods. 2025. №14, 2178. DOI: 10.3390/foods14132178
10. Vensel W. Protein Accumulation and Composition in Wheat Grains: Effects of Mineral Nutrients and High Temperature // European Journal of Agronomy, 2006. DOI:10.1016/J.EJA.2006.04.003
11. Wieser H., Koehler P., Scherf K.A. Chemistry of wheat gluten proteins: Quantitative composition // Cereal Chemistry. 2023. №100: 36–55. DOI:10.1002/cche.10553

Поступила: 06.04.26; доработана после рецензирования: 18.05.26; принята к публикации: 19.05.26.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ковтунова Н.А., Марченко Д.М. – концептуализация исследований, подготовка рукописи, Иванисова А.С., Дубинина О.А. – закладка и выполнение полевых опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.