

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT**Общее земледелие и растениеводство****General Farming and Crop Production**

Научная статья

УДК 633.11:631.55:631.82

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-7-15

**Некоторые аспекты действия минеральных удобрений
на урожай и качество зерна яровой пшеницы**Алим Юрьевич Кишев^{✉1}, Нурбий Ильясович Мамсиров²¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030²Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, Майкоп, Россия, 385000^{✉1}a.kish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>²nur.urup@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>

Аннотация. Одна из наиболее важных проблем, которая стоит в настоящее время перед сельским хозяйством, это достижение высокой урожайности сельскохозяйственных культур хорошего качества. В статье приведены результаты исследований, проведенных в предгорной зоне Кабардино-Балкарской республики на посевах яровой пшеницы сорта Воронежская 12. Цель исследования – определить параметры воздействия минерального питания на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы. В ходе проведенного исследования выявлена зависимость урожайности и качественных показателей зерна яровой пшеницы сорта Воронежская 12 от степени обеспеченности элементами минерального питания. Установлено, что содержание отдельных белков в зерне исследуемого сорта напрямую коррелирует с содержанием NO_3 , P_2O_5 и K_2O в надземной массе и зависит от эффективности протекания углеводно-белкового обмена в листьях яровой пшеницы. Выявлено, что внесение минеральных удобрений в дозе $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ обеспечивает максимальный рост урожайности сорта яровой пшеницы Воронежская с 12 до 31,4 ц/га, где прибавка по годам составляла от 7,5 до 43,1%. Кроме того, применение дозы минеральных удобрений $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ повысило качество зерна пшеницы, и соответственно, это привело к увеличению содержания белка в зерне яровой пшеницы до 13,8%.

Ключевые слова: минеральные удобрения, питание, урожайность, качество зерна, яровая пшеница

Для цитирования. Кишев А. Ю., Мамсиров Н. И. Некоторые аспекты действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова 2024. № 3(45). С. 7–15. doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-7-15

Original article

Some aspects of the effect of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat

Alim Yu. Kishiev^{✉1}, Nurbiy I. Mamsirov²

¹Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

²Maikop State Technological University, 191 Pervomaiskaya Street, Maykop, Russia, 385000

^{✉1}a.kish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>

²nur.urup@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>

Abstract. One of the most important problems facing agriculture nowadays is achieving high yields of good quality crops. The article presents the results of studies conducted in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic on spring wheat crops of the Voronezhskaya 12 variety. The purpose of the study is to determine the parameters of the impact of mineral nutrition on the productivity and quality of spring wheat grain. The study revealed the dependence of the yield and quality indicators of spring wheat grain of the Voronezhskaya 12 variety on the degree of provision with mineral nutrition elements. It was found that the content of individual proteins in the grain of the studied variety directly correlates with the content of NO_3 , P_2O_5 and K_2O in the aboveground mass and the efficiency of carbohydrate-protein metabolism in the leaves of spring wheat. It was found that the application of mineral fertilizers in the dose of $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ ensures the maximum yield of the spring wheat variety Voronezhskaya from 12 to 31.4 c/ha, where the increase over the years was from 7.5 to 43.1%. In addition, the use of the dose of mineral fertilizers $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$ improved the quality of wheat grain, and accordingly, this led to an increase in the protein content in the grain of spring wheat to 13.8%.

Keywords: mineral fertilizers, nutrition, yield, grain quality, spring wheat

For citation. Kishiev A.Yu., Mamsirov N.I. Some aspects of the effect of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):7–15. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-7-15

Введение. Как известно, применение минеральных удобрений имеет огромное значение в улучшении качества и урожайности сельскохозяйственных культур. Год от года их применение расширяется, и их значимость в сельском хозяйстве увеличивается. Однако до сих пор отсутствуют научно обоснованные рекомендации по внесению минеральных удобрений для различных сельскохозяйственных культур [1, 2].

В последнее время наша страна пополнилась множеством высококачественных сортов пшеницы. Большая роль в решении этой проблемы принадлежит семеноводам-селекционерам. Однако даже самые перспективные сорта из них нередко не достигают результатов, сочетающих в себе как высокую урожайность, так и превосходные качества зерна [3].

Стоит подчеркнуть, что увеличение урожайности путём селекционных работ или

благоприятных условий возделывания является гораздо более простым заданием по сравнению с улучшением качества зерна.

Поэтому для достижения цели – получения зерна с высокой урожайностью и достаточно высоким содержанием белка и клейковины наивысшего качества – необходимо не только тщательно подобрать сорт, но создать условия для оптимального роста и развития.

В сельскохозяйственной практике были случаи, когда минеральные удобрения повышали урожайность культур, но не улучшали его качество или, наоборот, при улучшении качества величина урожая оставалась без изменения [4].

Чтобы достичь желаемого результата от внесения минеральных удобрений, и получить максимальный эффект, следует вносить их рационально. Использование минеральных удобрений требует более тщательного изучения их воздействия на биохимические

процессы в растениях, т. е. рост, развитие, обмен веществ, поскольку только рациональное использование неорганических соединений способствует одновременному увеличению, как урожая, так и его качества.

Результаты работ российских и зарубежных ученых показывают, как воздействуют минеральные удобрения на качественный состав пшеницы, а именно содержание белка в зерне, и этот показатель – основной показатель качества получаемого зерна. Эти исследования доказывают, что применение минеральных удобрений стимулирует рост содержания белка в зерне пшеницы на разных почвенно-климатических условиях возделывания этой культуры. Чтобы достичь максимального результата при этом, необходимо найти оптимальные дозировки минеральных удобрений и время внесения этих удобрений [5–7].

Перед нами была поставлена цель – определить параметры воздействия минерального питания на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы.

В ходе полевых опытов решались следующие задачи:

- 1) изучить влияние норм минерального питания яровой пшеницы на продуктивность и качество зерна;
- 2) установить действия различных доз минеральных удобрений на накопления белков в зерне яровой пшеницы;
- 3) определить влияние норм внесения минеральных удобрений на углеводно-белковый обмен в листьях яровой пшеницы;
- 4) выявить у яровой пшеницы спектр содержания основных макроэлементов и распределение по фракциям в пластинках листьев в зависимости от норм удобрений.

Полевые опыты с яровой пшеницей сорта Воронежская 12 были заложены на полях УПК ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ в 2022-2023 годах в предгорной зоне Кабардино-Балкарской республики.

Материалы, методы и объекты исследования. В наших исследованиях особое внимание уделялось изучению влияния разных доз минеральных удобрений, в частности доз азотных и фосфорных удобрений, на урожайность и качественные показатели получаемого зерна пшеницы, а также соотношение основных элементов питания, входящих в состав удобрений.

Полевой эксперимент по изучению норм внесения минеральных удобрений, влияющих на урожайность и качество пшеницы, проводился по следующей схеме:

Вариант 1 – $N_{60}P_{60}K_{40}$

Вариант 2 – $N_{90}P_{60}K_{40}$

Вариант 3 – $N_{120}P_{60}K_{40}$

Вариант 4 – $N_{60}P_{90}K_{40}$

Вариант 5 – $N_{90}P_{90}K_{40}$

Вариант 6 – $N_{120}P_{90}K_{40}$

В полевом опыте площади делянок составляли $30,8 \text{ м}^2$ ($14 \times 2,2$); где учетной площади отводилось – $25,2 \text{ м}^2$ ($14 \times 1,8$). Опыт закладывался в два яруса. Варианты были расположены по методу правильного и упорядоченного размещения.

Агротехника общепринятая для яровой пшеницы в условиях Северного Кавказа. В период посева использовались семена первой репродукции. Уход за посевами проводился по стандартной технологической карте.

Результаты исследования. Увеличение норм внесения азотных и фосфорных удобрений на фоне K_{40} оказало положительное влияние на вес зерна и белковость (табл. 1).

В ходе анализа экспериментальных данных, приведенных в таблице 1, установлено, что при применении азотно-фосфорно-калийных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{40}$ был зафиксирован максимальный урожай, а на варианте с дозой $N_{120}P_{90}K_{40}$ было зафиксировано максимальное количество белка и клейковины в зерне.

При отклонении от этого баланса, например, с увеличением количества азота или фосфора может наступить либо снижение урожая, либо ухудшение его качественных характеристик.

Этот опыт свидетельствует о том, что урожай пшеницы и его высокое качество в значительной степени определяются балансом азота и фосфора в агротехнике.

Только с идеальным равновесием между этими элементами в удобрениях возникают условия для сбора большого количества зерна с отличными характеристиками. Это доказано исследованиями, которые подтвердили, что максимальное количество зерна яровой пшеницы с отличными показателями качества достигается при оптимальном соотношении азота и фосфора в удобрениях и формируется в том случае, если уровень фосфорного питания не будет преобладать над азотным [4, 8].

Таблица 1. Зависимость урожайности и качества зерна яровой пшеницы сорта Воронежская 12 от различных доз минеральных удобрений
Table 1. Dependence of yield and quality of grain of spring wheat variety Voronezhskaya 12 on various doses of mineral fertilizers

Схема опыта	Урожайность, ц/га		Вес 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Содержание сырой клейковины, %
	зерно	солома			
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	20,4	29,6	33,6	11,5	21,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	27,2	35,0	39,0	14,4	26,4
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	25,3	33,8	36,2	14,9	26,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	21,3	30,2	39,1	12,8	23,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	31,4	36,7	45,5	16,4	32,0
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	28,7	33,9	43,2	16,8	32,6
НСР	1,07				
Ошибка опыта	1,38				

Содержание белка в зерне – важный показатель его качества. Однако при определении качества зерна пшеницы необходимо учитывать многие показатели, такие как стекловидность, натура, масса 1000 зерен, помимо общего содержания белка. Установлено, что хлебопекарные свойства зерна пшеницы зависят от форм белков, из чего складывается клейковина.

Высокое содержание клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина – напрямую влияет на количество и качество клейковины, а также на силу муки [4, 9].

Качество муки, то есть её сила, зависит, как правило, не только от количества клейковины, но и от её качества, которое должно быть с высоким содержанием клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина.

Повышение дозы азота удобрений с 90 до 120 кг д.в. ощутимо увеличивало содержание глютенина, а содержание глиадины снижалось. Такая тенденция наблюдалась и при повышении дозы фосфора, и это приводило к увеличению содержания всех белков: альбумина, глобулина, глиадины и глютенина (табл. 2).

Таблица 2. Содержание отдельных белков в зерне яровой пшеницы сорта Воронежская 12 в зависимости от доз минеральных удобрений
Table 2. The content of individual proteins in the grain of spring wheat variety Voronezhskaya 12 depending on the dose of mineral fertilizers

Схема опыта	Содержание белков, %			
	альбумина	глобулина	глиадины	глютенина
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,96	2,31	3,38	3,15
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	1,45	2,63	3,68	4,63
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	2,37	3,13	3,67	6,69
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	1,35	2,47	3,42	3,29
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	2,73	2,69	4,42	4,19
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	3,86	3,41	4,40	6,89

Соотношение азота и фосфора (N:P=120:90), их баланс и количество клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина достигают ощутимых параметров, что в конечном итоге повышает содержание водорастворимых белков – альбуминов.

Повышение доз азотных удобрений до 120 кг д.в. на 1 га способствовало не только увеличению содержания белка в зерне, но и изменяло его фракционный состав. Особенно резко возрастало содержание клейковинообразующих белков – глиадины и глютенина.

Изучая действие разных доз минеральных удобрений на урожайность посевов яровой пшеницы сделали вывод, что повышение до-

зы азота до 120 кг д.в. оказывает существенное влияние на урожай и белковость зерна (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от удобрений
Table 3. Productivity and grain quality of spring wheat depending on fertilizers

Схема опыта	Урожайность, ц/га	Содержание белка в зерне, (в %)	Фракционный состав белка, (в %)				Сбор белка, (в кг с 1 га)
			альбумин	глобулин	глиадин	глютенин	
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	20,4	11,1	1,51	1,45	2,55	3,14	226
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	27,2	12,1	1,68	1,46	2,85	3,87	390
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	25,3	13,2	1,84	1,56	3,48	4,39	334
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	21,3	12,1	1,64	1,74	2,98	3,98	258
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	31,4	12,7	1,71	1,79	3,41	4,42	399
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	28,7	13,8	1,74	1,80	3,53	4,45	396

Удобрения вносили под культивацию, а часть из них – 40 кг д.в. P₂O₅ на 1 га – в рядки при посеве и 60-120 д.в. кг N на 1 га весной в подкормку.

По полученным данным видно, что максимальный сбор белка и урожайность получили при дозе N₉₀P₉₀K₄₀, тогда как содержание белка в зерне было наивысшим на варианте N₁₂₀P₉₀K₄₀.

Полевые исследования показали, что если азот преобладает над фосфором в 2 или 2,5 раза, это приводит к снижению урожайности, хотя качество его улучшается. Следовательно, азотные и фосфорные удобрения необходимо вносить в отношении 2:1 (табл. 4).

Таблица 4. Содержание N, P₂O₅ и K₂O в надземной массе яровой пшеницы
Table 4. Contents of N, P₂O₅ and K₂O in the above-ground mass of spring wheat

Вариант опыта	Цветение			Уборка		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	343	142	445	913	330	703
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	346	139	541	832	319	788
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	380	163	608	840	333	794
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	377	168	611	863	385	812
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	388	167	595	880	381	802
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	388	169	624	894	384	810

Анализ таблицы 4 показал, что максимальные значения содержания элементов питания в надземной массе растения пшеницы были зафиксированы на варианте N₁₂₀P₉₀K₄₀. Это показывает, что повышение урожайности

и качества зерна формируются под влиянием биохимических процессов, протекающих в растениях пшеницы. Поэтому решение вопроса о правильном подборе доз минеральных удобрений, их соотношении должно быть физиологически обосновано, то есть необходимо установить зависимость между условиями питания и направленностью обмена веществ в растении в отдельные фазы роста.

Как известно, критическими моментами в развитии пшеницы являются фаза закладки колоса (три листочка) и конец цветения – начало налива зерна. В первый из этих моментов закладывается урожай, во второй наливаются зерно и формируется его качество [10].

При изучении обмена веществ в растениях пшеницы и влияния его на урожай и качество зерна встает вопрос о роли листьев отдельных ярусов в создании репродуктивных органов. Имеющийся экспериментальный материал свидетельствует о том, что наиболее ответственным моментом в формировании колоса, наливе зерна и накоплении белка в нем является период сразу после цветения. В этих процессах главную роль играют листья верхнего яруса. От размера ассимиляционной поверхности листьев верхнего яруса в фазу налива зерна, от их способности накапливать и транспортировать пластические вещества в репродуктивные органы зависит величина и качество урожая зерна.

Нами установлено снижение содержания сахарозы и тенденция повышения значительного количества азотистых веществ в листьях пшеницы при дозе азота с 60 до 120 кг д.в. и фосфора с 60 до 90 кг д.в. на фоне K₄₀ (табл. 5).

Таблица 5. Углеводно-белковый обмен в листьях яровой пшеницы сорта Воронежская 12 (верхний 7-й лист, фаза – конец цветения, 29 июня) в зависимости от доз минеральных удобрений
Table 5. Carbohydrate-protein metabolism in the leaves of spring wheat variety Voronezhskaya 12 (upper 7th leaf, phase – end of flowering, June 29) depending on the dose of mineral fertilizers

Вариант опыта	Углеводы				Формы азота			
	редуцирующие	сахароза	всево	отношение сахарозы к углеводам редуцирующим	белковый	небелковый	Всего (общий)	отношение белкового азота к небелковому
в % на сухой вес листьев								
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	2,78	1,72	3,50	0,26	3,79	0,88	4,67	4,30
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	2,70	1,62	5,22	0,93	3,64	1,06	4,70	3,43
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	2,88	1,54	4,72	0,64	4,14	1,16	5,30	3,57
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	3,53	3,39	5,92	0,94	3,24	1,11	4,35	2,92
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	3,41	3,19	6,60	0,82	4,48	1,82	5,30	5,40
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	3,46	3,16	6,51	0,81	4,54	1,88	5,41	5,54
в мг на сухой вес одного листа								
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	60,0	65,6	75,6	-	81,9	19,0	100,9	
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	71,8	57,0	138,8	-	96,8	28,2	125,0	
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	101,7	45,0	166,7	-	146,1	41,0	187,1	
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	169,6	125,7	235,3	-	189,1	50,5	219,6	
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	126,8	118,7	225,5	-	166,7	30,5	197,2	
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	169,9	104,9	234,8	-	178,1	48,4	214,5	

Многие ученые отмечали такую закономерность, что при повышенных уровнях азота в растениях, особенно в листьях, содержание сахаров обычно должно снижаться из-за увеличенного использования их для синтеза белков. Однако это происходит только при внесении повышенной дозы азотных удобрений, в отличие от фосфорных. По результатам наших исследований с наиболее оптимальным соотношением этих элементов (120:90) в листьях наблюдалось повышенное количество белкового азота и сахаров, включая сахарозу. Таким образом, в растении создаются условия, при которых синтез белков и сахаров происходит одновременно и эффективно.

Полученные данные о взаимодействии углеводов и белков наглядно демонстрируют важность оптимального соотношения отдельных элементов в питании растений. Фосфорный обмен в растении тесно связан с обменом углеводов и белков, так как энергия, накопленная в фосфатных связях, играет ключевую роль во многих процессах, включая синтез белков. Указанная связь наглядно

подтверждается при сопоставлении данных таблицы 6.

В таблице 6 показано, что с повышением норм внесения азотного удобрения растет содержание простых белков, но при этом количество нуклеопротеидов не повышается. Также наблюдается снижение минерального фосфора, в особенности органических и кислоторастворимых фосфорных соединений.

Увеличение дозы фосфора с P₆₀ до P₉₀ привело к росту общего содержания фосфора, в основном за счет минерального фосфора, что означает, что фосфор накапливался в растении, но не использовался полностью в обмене веществ.

Увеличение количества азота при повышенной дозе фосфора незначительно влияет на общее содержание фосфора, однако его участие в обмене веществ значительно возрастает, о чем можно судить по уменьшению содержания минерального фосфора и увеличению органических его компонентов.

Таким образом, изучение действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы подтверждает важ-

ность дозировки и соотношения элементов минерального питания. Кроме того, использование основного минерального питания в оптимальной для растения пшеницы дозе и

их смешанное внесение с поздними подкормками азотом способствуют повышению не только урожая, но и показателей качества получаемой продукции.

Таблица 6. Влияние условий питания на содержание фосфора и распределение его по фракциям в пластинках листьев яровой пшеницы сорта Воронежская 12 (верхний лист, фаза – конец цветения, 29 июня)

Table 6. The influence of nutritional conditions on the phosphorus content and its distribution among fractions in the leaf blades of spring wheat variety Voronezhskaya 12 (top leaf, phase – end of flowering, June 29)

Вариант опыта	Распределение P ₂ O ₅ по формам					
	всего (общий)	минеральный	нуклеопротеиды	фосфатиды	органический, растворимый в 1%-ной HCl	сумма органического
в % на сухой вес листьев						
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	909	510	94	124	181	399
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	952	471	121	127	223	481
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	842	436	133	115	158	406
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	1052	606	133	133	290	546
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	1119	491	122	120	266	528
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	896	481	132	128	287	415
в мг на сухое вещество верхних листьев						
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	19,6	11,0	2,0	2,7	3,9	8,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	25,3	12,5	3,5	3,4	5,9	12,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₄₀	29,7	15,4	4,7	4,1	5,6	14,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₄₀	41,8	19,7	5,4	5,7	9,0	18,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	37,9	18,3	5,3	4,5	9,9	16,6
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀	40,0	19,4	5,5	5,3	9,8	20,6

Выводы. 1. В ходе полевых экспериментов установлено, что внесение минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₄₀ обеспечивает максимальную урожайность сорта яровой пшеницы Воронежская 12 до 31,4 ц/га, прибавка урожая по годам исследования составила от 7,5 до 43,1%.

2. Применение дозы минеральных удобрений N₁₂₀P₉₀K₄₀ повысило качество зерна пшеницы, что привело к увеличению уровня белка в зерне яровой пшеницы Воронежской от 12 до 13,8%.

Список литературы

1. Эффективность микроэлементов в земледелии / А. Ю. Кишев, И. М. Ханиева, З. С. Шибзухов, Т. Б. Жеруков // Аграрная Россия. 2019. № 1. С. 19–23. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-19-23. EDN: YUVRZB
2. Изменения показателей качества зерна яровой пшеницы в зависимости от применения макроудобрений / И. М. Ханиева, З. С. Шибзухов, А. Ю. Кишев, Р. А. Гажева, Т. Б. Жеруков // Международные научные исследования. 2017. № 3(32). С. 316–319. EDN: YKWIVD
3. Влияние азотных минеральных удобрений на продукционный процесс яровой пшеницы в лесостепи Восточной Сибири / А. В. Бобровский, Н. С. Козулина, А. В. Василенко, А. А. Крючков, М. А. Михайлец // Земледелие. 2021. № 8. С. 13–18. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-8-13-17. EDN: VFICBQ

4. Семенова Е. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Уральского региона: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2020. 22 с.
5. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения / А. Е. Уфимцев, М. Г. Уфимцева, Н. В. Абрамов, С. В. Шерстобитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4. С. 18–22. EDN: SRLYXH
6. Кушхаканова И. М. Основные показатели качества зерна // Наука молодых – будущее России: сборник научных статей 6-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Т. 5. Курск, 2021. С. 354–356. EDN: WZXCEB
7. Kishev A.Yu., Berbekov K.Z., Shibzukhova Z.S. [et al.]. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. В сборнике: E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021". 2021. Том 254.
8. Шибзухов З. С. Кишев А. Ю. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность яровой твердой пшеницы в зависимости от сроков посева в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр Кабардино-Балкарский научный центр российской академии наук», доктора технических наук, профессора П. М. Иванова. 2017. С. 291–293. EDN: ZFEYFB
9. Влияние биопрепаратов на рост и развитие различных сортов яровой пшеницы / А. А. Мечукаев, З. С. Шибзухов, А. А. Дышкекова, З. С. Шибзухова // Развитие современной аграрной науки: актуальные вопросы, достижения и инновации: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. Г. Лучкова. Часть 1. Нальчик, 2024. С. 119–123. EDN: LOTJHU
10. Продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сроков посева / Ф. Х. Тхазеплова, Т. Б. Шалов, А. Я. Тамахина, А. А. Расулов, Б. М. Князев // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 2 (50). С. 103–109. EDN: DOTCLO

References

1. Kishev A.Yu. [et al.]. Efficiency of microelements in agriculture. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia]. 2019;(1):19–23 (In Russ.). DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-19-23. EDN: YUVRZB
2. Khanieva I.M. [et al.]. Changes in quality indicators of spring wheat grain depending on the use of macrofertilizers. *International scientific researches*. 2017;3(32):316–319. (In Russ.). EDN: YKWIVD
3. Bobrovsky A.V. [et al.]. The influence of nitrogen mineral fertilizers on the production process of spring wheat in the forest-steppe of Eastern Siberia. *Zemledeliye*. 2021;(8):13–18. (In Russ.). DOI: 10.24412/0044-3913-2021-8-13-17. EDN: VFICBQ
4. Semenova E.A. *Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo yarovoy pshenitsy v usloviyakh serykh lesnykh pochv Ural'skogo regiona: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of spring wheat in the conditions of gray forest soils of the Ural region: abstract of thesis. dis. ... cand. agricultural Sci]. Moscow, 2020. 22 p. (In Russ.)
5. Ufimtsev A.E. [et al.]. Features of mineral nutrition of spring wheat in conditions of insufficient moisture. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;(4):18–22. (In Russ.). EDN: SRLYXH
6. Kushkhakanova I.M. Main indicators of grain quality. *Nauka molodykh – budushcheye Rossii: sbornik nauchnykh statey 6-y Mezhdunarodnoy nauchnoy kon-ferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh*. T. 5. [Science of the young - the future of Russia: a collection of scientific articles of the 6th International scientific conference of promising developments of young scientists. Vol. 5]. Kursk, 2021. Pp. 354–356. (In Russ.). EDN: WZXCEB
7. Kishev A.Yu. [et al.]. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. In the collection: E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021". 2021. Vol. 254.
8. Shibzukhov Z.S. Kishev A.Yu. Productivity and photosynthetic activity of spring durum wheat depending on the sowing time in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Ustoychivoye razvitiye: problemy, kontseptsii, modeli. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 75-letiyu predsedatelya FGBNU «Federal'nyy nauchnyy tsentr Kabardino-Balkarskiy nauchnyy tsentr rossiyskoy akademii nauk», doktora tekhnicheskikh nauk, professora P.M. Ivanova* [Sustainable development:

problems, concepts, models. Materials of the All-Russian conference with international participation dedicated to To the 75th anniversary of the Chairman of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Doctor of Technical Sciences, Professor P.M. Ivanov]. 2017. Pp. 291–293. (In Russ.). EDN: ZFEYFB

9. Mechukaev A.A. [et al.]. Influence of biological products on the growth and development of different varieties of spring wheat. *Razvitiye sovremennoy agrarnoy nauki: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati zaslužhennogo deyatelya nauki RSFSR, doktora sel'sko-khozyaystvennykh nauk, professora P. G. Luchkova* [Development of modern agricultural science: current issues, achievements and innovations: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the RSFSR, Doctor of Agricultural Sciences, Professor P. G. Luchkov. Part 1. Nalchik, 2024. Pp. 119–123. (In Russ.). EDN: LOTJHU

10. Tkhezeplova F.Kh. [et al.]. Productivity and quality of spring wheat grain in dependence on the time of sowing. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2022;2(50):103–109. (In Russ.). EDN: DOTCLO

Сведения об авторах

Кишев Алим Юрьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2237-8388

Мамсиров Нурбий Ильясович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», SPIN-код: 1929-9219.

Information about the authors

Alim Yu. Kishev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2237-8388

Nurbiy I. Mamsirov – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Production Technology, Maikop State Technological University, SPIN code: 1929-9219

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 11.07.2024;
одобрена после рецензирования 27.08.2024;
принята к публикации 06.09.2024.*

*The article was submitted 11.07.2024;
approved after reviewing 27.08.2024;
accepted for publication 06.09.2024.*