

Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество сортов озимой мягкой пшеницы на орошаемых землях равнинного Дагестана

А. И. Магомедов¹, С. А. Курбанов¹, Д. С. Магомедова^{2✉}

¹ Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия

² Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

✉ E-mail: mds-agro@mail.ru

Аннотация. Для реализации прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. необходимо существенно поднять урожайность зерновых культур, а это станет возможным, если их производство будет вестись по инновационным ресурсосберегающим технологиям с интенсивным применением удобрений и использованием интенсивных сортов. В статье дана оценка сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» по урожайности и показателям качества в орошаемых условиях равнинной орошаемой зоны Терско-Сулакской низменности Республики Дагестан. **Цель исследования** заключалась в изучении перспективных для орошаемых условий Республики Дагестан сортов озимой мягкой пшеницы и разработке научно обоснованной системы минерального питания, обеспечивающей получение запланированных уровней урожайности. **Методы.** Исследования проводили в 2020–2023 гг. на луговых среднесуглинистых почвах на опытном поле кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джембулатова. Изучались сорта селекции ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» Московская 39, Московская 56 и Немчиновская 85 и перспективный сорт Московская 27 в сравнении с сортом Гром селекции НЦЗ имени П. П. Лукьяненко. Полевые исследования, наблюдения, биометрические измерения, лабораторные анализы и обработку результатов с использованием пакета Microsoft Office, Excel проводили в соответствии с методикой полевого опыта Б. А. Доспехова. **Результаты.** Исследованиями установлено, что применение минеральных удобрений нормой $N_{240}P_{90}$ и $N_{280}P_{105}$ позволяет получить урожайность на уровне 7 и 8 т/га зерна озимой пшеницы соответственно. Самая высокая урожайность получена сортами Московская 27 и Московская 56. Наиболее высокими показателями качества зерна характеризовались сорта Московская 39, Немчиновская 85 и Московская 56. Расчеты агрономической и экономической эффективности показали, что наиболее целесообразно применение норм $N_{200-240}P_{75-90}$ обеспечивающих высокую окупаемость 1 кг д. в. прибавкой урожая 14,8 кг зерна при наименьшей себестоимости производства 1 кг зерна прибавочного урожая на уровне 6,71–6,74 руб. **Научная новизна.** Впервые в условиях равнинной орошаемой зоны Республики Дагестан экспериментально изучены и определены сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка», обладающие наиболее значимыми параметрами адаптивности и представляющие интерес для возможной сортосмены районированных сортов озимой пшеницы. Впервые в трехлетних опытах доказана возможность получения урожая зерна на уровне 7–8 т/га зерна на основе подбора научно обоснованной системы питания озимой мягкой пшеницы.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, урожайность, качество зерна и муки, агроэкономическая эффективность удобрений

Для цитирования: Магомедов А. И., Курбанов С. А., Магомедова Д. С. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество сортов озимой мягкой пшеницы на орошаемых землях равнинного Дагестана // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 03. С. 392–401. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-392-401>.

Дата поступления статьи: 24.09.2024, **дата рецензирования:** 05.11.2024, **дата принятия:** 02.12.2024.

Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of winter soft wheat varieties on irrigated lands of plain Dagestan

A. I. Magomedov¹, S. A. Kurbanov¹, D. S. Magomedova²✉

¹Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia

²Federal Agricultural Scientific Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

✉E-mail: mds-agro@mail.ru

Abstract. To implement the forecast of socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2030, it is necessary to significantly increase the yield of grain crops, and this will be possible if their production is carried out using innovative resource-saving technologies with intensive use of fertilizers and intensive varieties. The article provides an assessment of winter soft wheat varieties bred by the Federal Research Center “Nemchinovka” in terms of yield and quality indicators in irrigated conditions of the flat irrigated zone of the Terek-Sulak Lowland of the Republic of Dagestan. **The purpose** of the research was to study winter soft wheat varieties that are promising for the irrigated conditions of the Republic of Dagestan and to develop a scientifically based mineral nutrition system that ensures the planned yield levels. **Methods.** The studies were carried out in 2020–2023 on meadow medium loamy soils in the experimental field of the Department of Agriculture, Soil Science and Land Reclamation of the Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov. The studied varieties bred by the Federal Research Center “Nemchinovka” Moskovskaya 39, Moskovskaya 56 and Nemchinovskaya 85 and the promising variety Moskovskaya 27 were compared with the Grom variety selected by the National Center for Plant Genetics named after P. P. Lukyanenko. Field research, observations, biometric measurements, laboratory analyses and processing of results using the Microsoft Office package and Excel were carried out in accordance with the field experiment methodology of B. A. Dospekhov. **Results.** The research has established that the use of mineral fertilizers at the rate of $N_{240}P_{90}$ and $N_{280}P_{105}$ allows obtaining a yield of 7 and 8 t/ha of winter wheat grain, respectively. The highest yield was obtained by the Moskovskaya 27 and Moskovskaya 56 varieties. The highest grain quality indicators were characterized by the Moskovskaya 39, Nemchinovskaya 85 and Moskovskaya 56 varieties. Calculations of agronomic and economic efficiency have shown that the most appropriate is the use of $N_{200-240}P_{75-90}$ rates, providing a high return on 1 kg of active ingredient with an increase in yield of 14.8 kg of grain and the lowest cost of production of 1 kg of surplus yield grain 6.71–6.74 rubles. **The scientific novelty** consisted in the fact that for the first time in the conditions of the flat irrigated zone of the Republic of Dagestan, varieties of winter soft wheat of the Nemchinovka selection, possessing the most significant adaptability parameters and of interest for possible variety substitution of zoned winter wheat varieties, were experimentally studied and determined. For the first time in three-year experiments, the possibility of obtaining grain yields at the level of 7–8 t/ha of grain based on the selection of a scientifically based nutrition system for winter soft wheat has been proven.

Keywords: winter wheat varieties, yield, grain and flour quality, agro-economic efficiency of fertilizers

For citation: Magomedov A. I., Kurbanov S. A., Magomedova D. S. Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of winter soft wheat varieties on irrigated lands of plain Dagestan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (03): 392–401. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-392-401>. (In Russ.)

Date of paper submission: 24.09.2024, **date of review:** 05.11.2024, **date of acceptance:** 02.12.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Озимая пшеница – ведущая культура зернового комплекса России, доля посевов которой в 2022 году в структуре посевных площадей зерновых и зернобобовых культур составила 35,2 %, а в общем производстве зерна – 46,9 %. Занимая третье место в мире по производству озимой пшеницы, Россия, к сожалению, в отличие от многих стран уступает по урожайности озимой пшеницы, которая в самом благополучном 2022 году составила 4,45 т/га [1]. В последние годы рост зернового производства

обеспечивала его интенсификация через научно обоснованное использование современных систем питания с учетом внедрения новых интенсивных сортов отечественной селекции. Для реализации прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года необходимо существенно поднять урожайность зерновых культур, а это станет возможным, если их производство будет вестись по инновационным ресурсосберегающим технологиям с интенсивным применением удобрений и средств химической мелиорации [2].

Минеральные удобрения – главный ресурс управления продукционным процессом в современных технологиях, при эффективном использовании которых достигается получение планируемого уровня урожайности и сохранение плодородия почвы [3–6]. Эффективность внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу доказана многочисленными исследованиями в различных регионах ее возделывания, но применение их должно быть строго просчитанным [7–10].

В то же время очень важна оценка уровня интенсификации системы удобрений, которая базируется на трех основных группах показателей, в том числе на сравнении дополнительных затрат и результатов по прибыли и выходу валовой продукции на 1 га, рентабельности производства, окупаемости удобрений [11; 12]. В этой связи актуальны научные разработки по оптимизации минерального питания зерновых культур при внедрении в сельскохозяйственное производство интенсивных высокоурожайных сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды [13–16].

Цель исследований – изучить перспективные для орошаемых условий Республики Дагестан сорта озимой мягкой пшеницы и разработать научно обоснованную систему минерального питания, обеспечивающую получение запланированного уровня урожайности.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектами исследований являлись сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» – Московская 39, Московская 56, Немчиновская 85, перспективный сорт Московская 27 и сорт Гром (контроль) селекции НЦЗ им. П. П. Лукьяненко. Полевой опыт проводился на орошаемых луговых среднесуглинистых почвах опытного поля кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джембулатова в 2020–2023 гг. Почвы опытного участка характеризуются невысоким содержанием гумуса (2,1 %), средней обеспеченностью легкогидролизующим азотом (47 мг/кг почвы), низкой обеспеченностью подвижным фосфором (17 мг/кг) и средней обеспеченностью обменным калием (230 мг/кг). Двухфакторный полевой опыт проводился по следующей схеме:

– фактор А – сорта озимой пшеницы;

– фактор В – уровни планируемой урожайности:

B_1 – планируемая урожайность 4,0 т/га, контроль ($N_{120}P_{45}$ – фон); B_2 – 5,0 т/га ($N_{160}P_{60}$); B_3 – 6,0 т/га ($N_{200}P_{75}$); B_4 – 7,0 т/га ($N_{240}P_{90}$); B_5 – 8,0 т/га ($N_{280}P_{105}$). Применение минеральных удобрений предусматривало два способа внесения: припосевное ($N_{40}P_{10}$) и в подкормки. Подкормки проводились весной в фазу кущения на варианте $B_1 - N_{30}P_{15}$, $B_2 - N_{50}P_{20}$, $B_3 - N_{70}P_{35}$, $B_4 - N_{90}P_{35}$, $B_5 - N_{110}P_{50}$, в начале выхода в трубку на варианте $B_1 - N_{30}P_{10}$, $B_2 - N_{50}P_{20}$,

$B_3 - N_{70}P_{20}$, $B_4 - N_{90}P_{35}$, $B_5 - N_{110}P_{35}$ и в начале колошения – на всех вариантах – $N_{20}P_{10}$. Полевые исследования, наблюдения, биометрические измерения и обработку результатов проводили в соответствии с методикой полевого опыта Б. А. Доспехова.

Результаты (Results)

В современных условиях сорт является тем фактором, без которого невозможно достичь экономической стабильности сельскохозяйственных предприятий, поэтому изучение условий, определяющих его рост и развитие и будущую урожайность, является весьма актуальным. Нашими исследованиями установлено влияние биологических особенностей сортов и применяемых норм минеральных удобрений на ростовые процессы растений озимой пшеницы. Отмечено, что в фазу колошения изучаемые сорта существенно отличались по высоте растений: самым низкорослым был сорт Гром – 0,83 м, а самым высокорослым – сорт Немчиновская 85 – 1,21 м, остальные сорта занимали промежуточное положение, но с высотой посевов более 1 м. Анализ динамики роста высоты растений показал, что в фазу весеннего кущения формируется 28–30 % общей высоты растений, в фазе выхода в трубку – 52–57 %, а к началу колошения рост растений существенно замедляется, так как формируется 93–95 % от общей высоты растений. Отмечено также влияние вносимых норм минеральных удобрений на высоту растений, которая на контроле ($N_{120}P_{45}$) составила 1,02 м, а при внесении $N_{280}P_{105}$ – 1,17 м, т. е. прирост высоты составил 14,2 %.

Изучение корневой системы, которая определяет не только развитие всех органов и функций растений, но и степень усваивания влаги и растворенных в ней элементов питания, вносимых с минеральными удобрениями, показало, что степень ее развития зависит от биологических особенностей сортов, но в большей степени от вносимых минеральных удобрений (таблица 1). Различия в массе корневой системы между изучаемыми сортами находились в пределах 9,3–26,4 % и находились в прямой корреляционной зависимости от массы надземной части, о чем свидетельствует коэффициент корреляции $r = 0,988$.

Данные, полученные по распределению массы корневой системы озимой пшеницы в пахотном слое (0–0,3 м), показали, что увеличение норм вносимых минеральных удобрений не оказывает влияния на относительное содержание сухой корневой массы. Так, в слое 0–0,1 м сосредоточена основная масса корней – в среднем 64,6 %, в слое 0,1–0,2 м – 25,4 %, в слое 0,2–0,3 м – 10,0 %. Однако во всех слоях существенно возрастает масса корневой системы – с 2,28 т/га на контроле до 3,78 т/га при внесении максимальной нормы удобрений (на 65,8 %), рассчитанной на получение 8 т зерна с гектара.

Таблица 1

Влияние норм минеральных удобрений на распределение массы корневой системы озимой пшеницы по слоям пахотного горизонта (2021–2023 гг.)

Нормы удобрений	Масса корней по слоям почвы								K _{прод}
	0–0,1 м		0,1–0,2 м		0,2–0,3 м		0–0,3 м		
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	
N ₁₂₀ P ₄₅	1,48	65,1	0,57	25,0	0,23	9,9	2,28	100,0	3,95
N ₁₆₀ P ₆₀	1,72	64,7	0,68	25,6	0,26	9,8	2,66	116,7	4,14
N ₂₀₀ P ₇₅	1,97	63,1	0,82	26,3	0,33	10,6	3,12	136,8	4.25
N ₂₄₀ P ₉₀	2,27	65,6	0,88	25,4	0,31	9,0	3,46	151,7	4,44
N ₂₈₀ P ₁₀₅	2,45	64,8	0,94	24,9	0,39	10,3	3,78	165,8	4,58

Agrotechnologies

Table 1

The influence of mineral fertilizer rates on the distribution of the mass of the root system of winter wheat across the layers of the arable horizon (2021–2023)

Fertilizer rates	Mass of roots in soil layers								Productivity coefficient
	0–0.1 m		0.1–0.2 m		0.2–0.3 m		0–0.3 m		
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
$N_{120}P_{45}$	1.48	65.1	0.57	25.0	0.23	9.9	2.28	100.0	3.95
$N_{160}P_{60}$	1.72	64.7	0.68	25.6	0.26	9.8	2.66	116.7	4.14
$N_{200}P_{75}$	1.97	63.1	0.82	26.3	0.33	10.6	3.12	136.8	4.25
$N_{240}P_{90}$	2.27	65.6	0.88	25.4	0.31	9.0	3.46	151.7	4.44
$N_{280}P_{105}$	2.45	64.8	0.94	24.9	0.39	10.3	3.78	165.8	4.58

Таблица 2

Площадь листьев и показатели фотосинтетической деятельности посевов озимой пшеницы при запланированных уровнях урожайности (2021–2023 годы)

Нормы минеральных удобрений, кг д. в.	Площадь листьев, тыс. м ²	Показатели фотосинтетической деятельности*					
		ФП тыс. м ² × дн/га	СВ, т/га	ЧПФ, г/м ² × сутки	СПП, г/м ² × сутки	ЭРЛ, г/м ²	КПД ФАР, %
N ₁₂₀ P ₄₅	38,4	2629	9,02	3,44	13,21	116	1,68
N ₁₆₀ P ₆₀	41,8	2862	11,01	3,85	16,09	125	2,05
N ₂₀₀ P ₇₅	45,6	3139	13,27	4,22	19,24	135	2,47
N ₂₄₀ P ₉₀	48,8	3370	15,38	4,57	22,30	141	2,87
N ₂₈₀ P ₁₀₅	51,8	3598	17,31	4,80	24,86	148	3,23

Примечание. ФП – фотосинтетический потенциал; СВ – содержание сухого вещества; ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза; СПП – скорость прироста посевов; ЭРЛ – эффективность работы листьев; КПД ФАР – коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации.

Table 2

Leaf area and photosynthetic activity indicators of winter wheat crops at planned yield levels (2021–2023)

Norms of mineral fertilizers, kg active ingredient	Leaf area, thousand m ²	Photosynthetic activity indicators*					
		PP, thousand m ² days/ha	DM, t/ha	NPP, g/m ² × day	CGR, g/m ² × day	ELE, g/m ²	PAR efficiency, %
N ₁₂₀ P ₄₅	38.4	2629	9.02	3.44	13.21	116	1.68
N ₁₆₀ P ₆₀	41.8	2862	11.01	3.85	16.09	125	2.05
N ₂₀₀ P ₇₅	45.6	3139	13.27	4.22	19.24	135	2.47
N ₂₄₀ P ₉₀	48.8	3370	15.38	4.57	22.30	141	2.87
N ₂₈₀ P ₁₀₅	51.8	3598	17.31	4.80	24.86	148	3.23

Note. PP – photosynthetic potential; DM – dry matter content; NPP – net photosynthetic productivity; CGR – crop growth rate; ELE – leaf efficiency; PAR – efficiency of photosynthetically active radiation.

Таблица 3

Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от уровней планируемой урожайности, т/га (2021–2023 годы)

Нормы минеральных удобрений, кг д. в.	Сорта озимой мягкой пшеницы					Средняя по фактору В
	Гром, контроль	Московская 27	Московская 39	Московская 56	Немчиновская 85	
$N_{120}P_{45}$, контроль	3,96	5,02	4,32	4,59	4,43	4,46
$N_{160}P_{60}$	4,69	5,83	5,11	5,34	5,21	5,24
$N_{200}P_{75}$	5,43	6,84	5,92	6,46	6,12	6,15
$N_{240}P_{90}$	6,22	7,78	6,51	7,29	6,74	6,91
$N_{280}P_{105}$	6,65	8,57	7,29	8,07	7,65	7,65
Средняя по фактору А	5,39	6,81	5,83	6,35	6,03	

Примечание. НСР₀₅ для частных различий – 0,32 т/га.

Table 3

Yield of winter soft wheat varieties depending on planned yield levels, t/ha (2021–2023)

Norms of mineral fertilizers, kg a. i.	Varieties of winter soft wheat					Average by factor B
	Grom, control	Moskovskaya 27	Moskovskaya 39	Moskovskaya 56	Nemchinovskaya 85	
$N_{120}P_{45}$, control	3.96	5.02	4.32	4.59	4.43	4.46
$N_{160}P_{60}$	4.69	5.83	5.11	5.34	5.21	5.24
$N_{200}P_{75}$	5.43	6.84	5.92	6.46	6.12	6.15
$N_{240}P_{90}$	6.22	7.78	6.51	7.29	6.74	6.91
$N_{280}P_{105}$	6.65	8.57	7.29	8.07	7.65	7.65
Average by factor A	5.39	6.81	5.83	6.35	6.03	

Note. LSD₀₅ for private differences – 0.32 t/ha.

Важным показателем эффективности работы корневой системы является коэффициент продуктивности ($K_{\text{прод}}$), определяемый отношением надземной растительной массы (зерно + солома) к массе корневой системы. Чем больше это отношение, тем эффективнее работа корневой системы на формирование надземной массы. В наших исследованиях увеличение норм минеральных удобрений с $N_{120}P_{45}$ (контроль) до $N_{280}P_{105}$ повышает коэффициент продуктивности с 3,95 (контроль) до 4,58.

То, что возможная потенциальная продуктивность современных сортов реализуется не в полной мере, во многом зависит от фотосинтетической деятельности посевов. Поэтому разработка приемов, направленных на увеличение площади и продолжительности работы ассимиляционного аппарата, является актуальным направлением (таблица 2).

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что повышение уровня минерального питания приводит к росту ассимиляционной поверхности посевов озимой пшеницы на 34,9 %, что обеспечивает улучшение основных показателей фотосинтетической деятельности: ФП – на 36,8 %, ЧПФ – на 39,5 %, СПП – на 88,2 %, ЭРЛ – на 27,6 %. Главным и обобщающим показателем фотосинтетической деятельности посевов любой культуры является определение коэффициента полезного действия фотосинтетической радиации (КПД ФАР), который самым высоким был при внесении $N_{240}P_{90}$ и $N_{280}P_{105}$ – 2,87 и 3,23 % соответственно.

Урожай зерна является результатом фотосинтетической деятельности посевов различных сортов озимой мягкой пшеницы и уровней планируемой урожайности (таблица 3).

В среднем за три года исследований сортом Гром (контроль) был достигнут планируемый уровень урожайности 4 т/га, а остальные уровни не были достигнуты (–6,2...–16,9 %). Три уровня урожайности (4, 5 и 6 т/га) были достигнуты сортами Московская 39 и Немчиновская 85, невыполнение уровня 7 и 8 т/га составило –3,7...–4,4 % по сорту Немчиновская 85 и –7,0...–8,9 % по сорту Московская 39. Только по перспективному сорту Московская 27 и сорту Московская 56 были достигнуты все запланированные уровни урожайности, при этом максимальное превышение было по сорту Московская 27 (+7,1 %).

Наряду с урожайностью важным показателем при сравнительной оценке сортов и уровней планируемой урожайности является качество зерна, которое должно удовлетворять потребителей своей пищевой ценностью. Пищевую ценность зерна определяет массовая доля протеина и сырой клейковины, которую устанавливали на ИК-анализаторе SpectraStar 2600 XT. Эти показатели являются приоритетными при определении класса зерна. В соответствии с ГОСТ процент протеина рассчитывали на абсолютно сухое вещество. Результаты определения основных показателей качества отражены в таблице 4.

Таблица 4

Качество зерна сортов озимой пшеницы

Сорта	Протеин, %	Клейкови-на, %	Крах-мал, %	Натура, г/л	Стекло-видность, %	ИДК	Седимен-тация, мл
Гром, контроль	13,8	26,8	58,5	785	60	101	52
Московская 27	13,3	24,5	58,8	766	48	104	60
Московская 39	13,6	24,4	60,6	775	54	95	44
Московская 56	14,3	25,9	59,6	795	45	90	65
Немчиновская 85	14,2	25,9	59,2	800	45	96	66
НСР ₀₅	0,38	0,71	1,78	23,5	1,5	3,0	1,7

Agrotechnologies

Table 4

Grain quality of winter wheat varieties

Varieties	Protein, %	Gluten, %	Starch, %	Grain unit, g/l	Glassiness, g/l	Gluten strain gauges	Sedimenta- tion, ml
Grom, control	13.8	26.8	58.5	785	60	101	52
Moskovskaya 27	13.3	24.5	58.8	766	48	104	60
Moskovskaya 39	13.6	24.4	60.6	775	54	95	44
Moskovskaya 56	14.3	25.9	59.6	795	45	90	65
Nemchinovskaya 85	14.2	25.9	59.2	800	45	96	66
LSD ₀₅	0.38	0.71	1.78	23.5	1.5	3.0	1.7

По нашим данным зерно сортов Московская 56 и Немчиновская 85 по содержанию белка относятся к сильным пшеницам, а зерно остальных сортов – к ценным пшеницам. Что касается содержания клейковины, то все сорта относятся к ценным по качеству. Отношение клейковины к протеину, которое зависит от погодных условий, у всех сортов находилось практически на одном уровне, в пределах 1,8–1,9. По натуре зерна зерно всех сортов озимой пшеницы относится к 1–2 классу. По показателю стекловидности только сорт Гром соответствовал 1–2 классу, тогда как остальные сорта имели стекловидность на уровне филлера. Чем ниже значение ИДК (индекс деформации клейковины), тем клейковина прочнее и лучше ее качество, однако все сравниваемые сорта относятся ко II группе (удовлетворительная), так как содержание ИДК находится в диапазоне 80–104 ед. Результаты седиментации, определяемой по методу Зелени, показали, что зерно сортов Немчиновская 85 и Московская 56 имеют очень высокое качество, а зерно сорта Московская 27 – высокое качество. Зерно сортов Гром и Московская 39 характеризуется средним уровнем качества.

Существенное влияние на качественные показатели зерна всех сортов оказали применяемые нормы минеральных удобрений, рассчитанных на получение 5–8 т зерна с гектара (таблица 5).

Повышение норм вносимых удобрений способствовало повышению содержания белка на 14,7 %, а при применении норм $N_{200}P_{75}$ и выше, зерно относится к 1 классу. На 15,3 % возросло содержа-

ние клейковины, соответствуя зерну 2 класса, при этом отмечена тенденция снижения содержания крахмала на 1,5 %. Повышение норм минеральных удобрений положительно сказалось на стекловидности зерна, которая при внесении $N_{240}P_{90}$ и $N_{280}P_{105}$ повысилась до уровня 1 класса. Отмечена заметная корреляционная зависимость между содержанием протеина и ИДК ($r = 0,848$), содержанием протеина и седиментацией ($r = 0,767$).

Агрономическую эффективность применяемых норм минеральных удобрений за годы исследований оценивали через показатель окупаемости минерального удобрения прибавкой урожая (таблица 6).

Повышение норм минеральных удобрений способствовало не только увеличению прибавки урожая с 17,5 до 71,5 %, но и увеличению доли минеральных удобрений в формировании урожайности зерна озимой пшеницы. В частности, при внесении нормы $N_{160}P_{60}$, рассчитанной на получение 5 т/га зерна, доля удобрений в получении урожая составила 14,9 %, а с повышением нормы удобрений до $N_{280}P_{105}$ эффект от удобрений увеличился в 2,8 раза и составил 41,7 %. Расчет окупаемости прибавки урожая минеральным удобрением показал, что на 1 кг д. в. внесенного минерального удобрения получено 14,2–15,4 кг зерна озимой пшеницы.

Экономическую эффективность вносимых норм минеральных удобрений рассчитывали исходя из их стоимости, затрат на доставку на поле и внесение, а также уборку и перевозку дополнительного урожая зерна (таблица 7).

Таблица 5

Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от уровней планируемой урожайности

Нормы минеральных удобрений, кг д. в.	Протейн, %	Клейковина, %	Крахмал, %	Натура, г/л	Стекловидность, %	ИДК	Седиментация, мл
$N_{120}P_{45}$ контроль	13,6	25,5	59,3	785	51	97	47
$N_{160}P_{60}$	14,1	26,1	58,9	786	53	99	60
$N_{200}P_{75}$	14,5	26,6	58,6	775	55	91	49
$N_{240}P_{90}$	15,1	27,9	58,2	801	60	85	68
$N_{280}P_{105}$	15,6	29,4	57,8	795	62	88	65
HCP ₀₅	0,42	0,82	1,74	23,9	1,7	2,7	1,9

Table 5

Grain quality of winter wheat depending on the planned yield levels

Norms of mineral fertilizers, kg a. s.	Protein, %	Gluten, %	Starch, %	Grain unit, g/l	Glassiness, g/l	Gluten deformation index	Sedimentation, ml
$N_{120}P_{45}$ control	13.6	25.5	59.3	785	51	97	47
$N_{160}P_{60}$	14.1	26.1	58.9	786	53	99	60
$N_{200}P_{75}$	14.5	26.6	58.6	775	55	91	49
$N_{240}P_{90}$	15.1	27.9	58.2	801	60	85	68
$N_{280}P_{105}$	15.6	29.4	57.8	795	62	88	65
LSD ₀₅	0.42	0.82	1.74	23.9	1.7	2.7	1.9

Таблица 6

Агрономическая эффективность применения норм минеральных удобрений (2021–2023 годы)

Нормы минеральных удобрений, кг д. в.	Средняя урожайность, т/га	Прибавка урожая зерна		Доля участия удобрений в урожае зерна, %	Окупаемость прибавки урожая удобрением, кг/кг д. в.
		т/га	%		
$N_{120}P_{45}$ контроль	4,46	—	—	—	—
$N_{160}P_{60}$	5,24	0,78	17,5	14,9	14,2
$N_{200}P_{75}$	6,15	1,69	37,9	27,5	15,4
$N_{240}P_{90}$	6,91	2,45	54,9	35,4	14,8
$N_{280}P_{105}$	7,65	3,19	71,5	41,7	14,5

Table 6

Agronomic efficiency of application of mineral fertilizers (2021–2023)

Norms of mineral fertilizers, kg a. i.	Average yield, t/ha	Increase in grain yield		Fertilizer share in grain yield, %	Payback of yield increase with fertilizer, kg/kg a. i.
		t/ha	%		
$N_{120}P_{45}$ control	4.46	—	—	—	—
$N_{160}P_{60}$	5.24	0.78	17.5	14.9	14.2
$N_{200}P_{75}$	6.15	1.69	37.9	27.5	15.4
$N_{240}P_{90}$	6.91	2.45	54.9	35.4	14.8
$N_{280}P_{105}$	7.65	3.19	71.5	41.7	14.5

Как видно из таблицы 7, применение минеральных удобрений увеличивает затраты на их применение по сравнению с контролем на 5,67–22,68 тыс. руб./га. Полученная урожайность компенсирует затраты на их применение и обеспечивает прибыль в диапазоне 2,91–12,41 тыс. руб./га. Максимальная прибыль – на вариантах, рассчитанных на получение 7–8 т/га зерна. Расчет окупаемости вне-

сения минеральных удобрений показал, что все варианты экономически оправданы, но лучшие показатели получены при внесении $N_{200}P_{75}$ и $N_{240}P_{90}$, где определена максимальная отдача на рубль затраченных средств (1,63–1,64 руб.). На этих же вариантах получена самая низкая себестоимость производства 1 кг прибавочного урожая – 6,71–6,74 руб./кг зерна.

Таблица 7

Экономическая эффективность применения расчетных норм минеральных удобрений под планируемый урожай озимой пшеницы

Нормы минеральных удобрений, кг д. в.	Средняя урожайность, т/га	Стоимость прибавки урожая, тыс. руб/га	Стоимость затрат на удобрения, тыс. руб/га	Прибыль от внесения удобрений, тыс. руб/га	Окупаемость внесения удобрений, руб/руб	Себестоимость 1 кг прибавки урожая, руб/кг
$N_{120}P_{45}$ контроль	4,46	—	—	—	—	—
$N_{160}P_{60}$	5,24	8,58	5,67	2,91	1,51	7,27
$N_{200}P_{75}$	6,15	18,59	11,34	7,25	1,64	6,71
$N_{240}P_{90}$	6,91	26,95	16,53	10,42	1,63	6,74
$N_{280}P_{105}$	7,65	35,09	22,68	12,41	1,55	7,11

Agrotechnologies

Table 7

Economic efficiency of application of calculated rates of mineral fertilizers for the planned harvest of winter wheat

Norms of mineral fertilizer, kg a. i.	Average yield, t/ha	Cost of yield increase, thousand rubles/ha	Cost of expenses for fertilizers, thousand rubles/ha	Profit from application of fertilizers, thousand rubles/ha	Payback period for application of fertilizers, rubles/rubles	Cost price of 1 kg of yield increase, rubles/kg
$N_{120}P_{45}$ control	4.46	—	—	—	—	—
$N_{160}P_{60}$	5.24	8.58	5.67	2.91	1.51	7.27
$N_{200}P_{75}$	6.15	18.59	11.34	7.25	1.64	6.71
$N_{240}P_{90}$	6.91	26.95	16.53	10.42	1.63	6.74
$N_{280}P_{105}$	7.65	35.09	22.68	12.41	1.55	7.11

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion).

1. Среди изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы наиболее урожайными оказались перспективный сорт Московская 27 (6,81 т/га) и сорт Московская 56 (6,35 т/га).

2. На этих же сортах были достигнуты все запланированные уровни урожайности от 5 до 8 т/га), а на сортах Московская 39 и Немчиновская 85 были достигнуты три уровня урожайности – 4, 5 и 6 т/га.

3. По комплексу показателей наиболее ценное по качеству зерно получено сортами Немчиновская

85 и Московская 56, а применение удобрений нормой $N_{240}P_{90}$ и $N_{280}P_{105}$ обеспечило получение зерна 1 и 2 класса.

4. Расчеты агрономической и экономической эффективности применения минеральных удобрений показали, что наиболее целесообразно применение норм $N_{200-240}P_{75-90}$, обеспечивающих высокую окупаемость 1 кг д. в. прибавкой урожая 14,8 кг зерна при максимальной отдаче на рубль затраченных средств и наименьшей себестоимости производства 1 кг зерна прибавочного урожая – 6,71–6,74 руб.

Библиографический список

1. Сельское хозяйство в России. 2023: статистический сборник. Москва: Росстат, 2023. 103 с.
2. Сычев В. Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. Москва: Российская академия наук, 2019. 328 с.
3. Агеев В. В., Есаулко А. Н., Сычев В. Г. [и др.] Вклад многолетнего стационара «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафте» в фундаментальные и прикладные разработки агрохимии (длительный опыт геосети РАН) // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 14–20. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10020.
4. Бамагов И. М., Перевертин А. К., Абасов Ш. М. [и др.] Влияние биополимерной модификации минеральных удобрений на продуктивность зерна озимой пшеницы и основные элементы плодородия почвы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43.
5. Гуреев И. И., Нитченко Л. Б., Лукьянов В. А., Прущик И. А. Урожайность озимой пшеницы и плодородие почвы в условиях Центрально-Черноземного региона // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 5. С. 22–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10503.
6. Курбанов С. А., Магомедова Д. С. Влияние доз минеральных удобрений и приемов основной обработки почвы на урожайность зерна озимой пшеницы // Плодородие. 2023. № 4 (133). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.05.

7. Емельянова А. А., Дубовик Д. В., Айдиев А. Я., Логвинова Е. В. Изменение урожайности и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 11. С. 26–30. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_11_26.
8. Теймуров С. А., Казиев М.-Р. А., Ибрагимов К. М. Урожай и качество зерна озимой пшеницы в сухостепной зоне Дагестана // Плодородие. 2023. № 3 (132). С. 59–63. DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.15.
9. Мнатсаканян А. А. Пролонгированные удобрения в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях Краснодарского края // Земледелие. 2023. № 3. С. 27–31. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-3-27-31.
10. Тедеева А. А., Тедеева В. В. Эффективность применения минеральных удобрений и гербицидов на посевах озимой пшеницы // Аграрная наука. 2023. № 10. С. 95–99. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-95-99.
11. Шафран С. А. Окупаемость затрат на применение азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы // Агрохимия. 2020. № 2. С. 20–27. DOI: 10.31857/S0002188120020143.
12. Аканова Н. И., Винничек Л. Б., Жданов В. Ю. [и др.] Оценка экономической эффективности системы применения минеральных удобрений при разных методах расчета потребности // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 2. С. 85–88. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12038.
13. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Велиев Т. Р. Урожайность и адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от применения биопрепаратов // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 4 (52). С. 93–97. DOI: 10.52671/20790996_2022_4_93.
14. Ёдгоров Н. Ф. Влияние системы орошения и норма минеральных удобрений на фазу колошения озимой пшеницы // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2–3 (7). С. 83–86. DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10100.
15. Voronov S., Pleskachiov Y., Kurbanov S., Magomedova D., Zargar M. Tillage system and seeding rate impact on yield, oil accumulation and photosynthetic potential of different cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Southern Russia // Agronomy. 2022. Vol. 12. Article number 2904. DOI: 10.3390/agronomy12112904.
16. Petukhov D. A., Ivanov A. B., Bondarenko E. V., et al. The efficiency of the differentiated application of mineral fertilizers in the production technology of winter wheat cultivation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. 2021. Vol. 723, No. 3. Article number 032042. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032042.

Об авторах:

Арсен Ильминьяминович Магомедов, аспирант кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации, Дагестанский государственный аграрный университет, Махачкала, Россия; ORCID 0000-0003-1076-3370, AuthorID 725216. E-mail: arsen.magomedov05@mail.ru

Серажутдин Аминович Курбанов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия, почвоведения и мелиорации, Дагестанский государственный аграрный университет, Махачкала, Россия; ORCID 0000-0001-9390-5180, AuthorID 361639. E-mail: kurbanovsa@mail.ru

Диана Султановна Магомедова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, главный научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия; ORCID 0000-0002-7559-2456, AuthorID 629342. E-mail: mds-agro@mail.ru

References

1. *Agriculture in Russia. 2023: Statistical collection*. Moscow: Rosstat. 2023. 103 p. (In Russ.)
2. Sychev V. G. *The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation*. Moscow: Russian Academy of Sciences, 2019. 328 p. (In Russ.)
3. Ageev V. V., Esaulko A. N., Sychev V. G., et al. Contribution of the multi-year stationary “Theoretical and technological foundations of biogeochemical flows of substances in agrolandscape” to fundamental and applied developments of agrochemistry (long-term experience of the Geo-Network of the RAS). *Agrochemical Herald*. 2018; 4: 14–20. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10020. (In Russ.)
4. Bamatov I. M., Perevertin A. K., Abasov Sh. M., et al. The influence of biopolymer modification of mineral fertilizers on the productivity of winter wheat grains and the main elements of soil fertility. *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2022; 6: 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43. (In Russ.)
5. Gureev I. I., Nitchenko L. B., Lukyanov V. A., Pruschchik I. A. Winter wheat yield and soil fertility under conditions of the Central Chernozem region. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2021; 5 (35): 22–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10503. (In Russ.)
6. Kurbanov S. A., Magomedova D. S. Influence of mineral fertilizer norms and techniques basic tillage for yield winter soft wheat grains. *Plodorodie*. 2023; 4 (133): 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.05. (In Russ.)

7. Emelyanova A. A., Dubovik D. V., Aydiev A. Ya., Logvinova E. V. Changes in the yield and quality of winter wheat grain depending on the variety and doses of mineral fertilizers. *Achievements of Science and Technology in AIC*. 2022; 11 (36): 26–30. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_11_26. (In Russ.)
8. Teymurov S. A., Kaziev M.-R. A., Ibragimov K. M. The main indicators of biometrics and quality of winter wheat grain in the dry steppe zone of Dagestan. *Plodorodie*. 2023; 3 (132): 59–63. DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.15. (In Russ.)
9. Mnatsakanyan A. A. Slow-release fertilizers in the technology of winter wheat cultivation under the conditions of the Krasnodar Territory. *Zemledelie*. 2023; 3: 27–31. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-3-27-31. (In Russ.)
10. Tedeeva A. A., Tedeeva V. V. Efficiency of using mineral fertilizers and herbicides on winter wheat crops. *Agrarian Science*. 2023; 10: 95–99. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-95-99. (In Russ.)
11. Shafran S. A. Recoupment of expenses on application of nitrogen fertilizers in winter wheat top dressing. *Agricultural Chemistry*. 2020; 2: 20–27. DOI: 10.31857/S0002188120020143. (In Russ.)
12. Akanova N. I., Vinnichuk L. B., Zhdanov V. Yu., et al. Cost-effectiveness assessment of the system of using mineral fertilizers in production conditions. *International Agricultural Journal*. 2020; 2: 85–88. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12038. (In Russ.)
13. Kurbanov S. A., Magomedova D. S., Veliev T. R. Productivity and adaptability of the winter soft wheat varieties depending on the growth regulators application. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2022; 4 (52): 93–97. DOI: 10.52671/20790996_2022_4_93. (In Russ.)
14. Edgorov N. G. The influence of the irrigation system and the norms of mineral fertilizers on the earing phase of winter wheat. *Agriculture and Life Sciences*. 2020; 2-3 (7): 83–86. DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10100. (In Russ.)
15. Voronov S., Pleskachiov Y., Kurbanov S., Magomedova D., Zargar M. Tillage system and seeding rate impact on yield, oil accumulation and photosynthetic potential of different cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Southern Russia. *Agronomy*. 2022; 12: 2904. DOI: 10.3390/agronomy12112904.
16. Petukhov D. A., Ivanov A. B., Bondarenko E. V., et al. The efficiency of the differentiated application of mineral fertilizers in the production technology of winter wheat cultivation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture*. 2021; 723 (3): 032042. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032042.

Authors' information:

Arsen I. Magomedov, postgraduate of the department of agriculture, soil science and land reclamation, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia;

ORCID 0000-0003-1076-3370, AuthorID 725216. *E-mail*: arsen.magomedov05@mail.ru

Serazhutdin A. Kurbanov, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of agriculture, soil science and land reclamation, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia; ORCID 0000-0001-9390-5180, AuthorID 361639. *E-mail*: kurbanovsa@mail.ru

Diana S. Magomedova, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the Russian Academy of Sciences, chief researcher, Federal Agricultural Scientific Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia; ORCID 0000-0002-7559-2456, AuthorID 629342. *E-mail*: mds-agro@mail.ru